التلفزيون الملوّن والأسود



المكتبة الحديثة . بيروت مكتبة النهضة . بغداد

يو . كوستيكوف ، ف . كريجانوفسكى

التلفزيون الملوّن والأسود

ترجمة

الدكتور فى الهندسة عصام مخائيل

المكتبة الحديثة . بيروت مكتبة النهضة . بغداد

مقدمة

ان التلفزيون هو فن الرؤية عن بعد بواسطة اجهزة وقنوات اتصال . ويمكن بفضله ان نرى صور الاشياء المتحركة وغير المتحركة التى لا يمكن ان نراها بالوسائل البصرية لكونها عادة بعيدة جدا عن مكان المشاهدة .

والتلفزيون مبنى على اساس ثلاث عمليات فيزيائية هامة هى : تحويل الطاقة الضوئية المنبعثة عن المنظر او الصورة المرسلة الى اشارة كهربائية ، وارسال هذه الاشارة عبر قنوات الاتصال الكهربائى ، ثم تحويل الاشارة المستقبلة الى صورة ضوئية .

والتلفزيون هو بلا شك من اروع منجزات العقل البشرى . وقد بلغ اليوم مستوى من التطور والانتشار ، جعله من فروع التكنولوجيا التى لا يمكن تصور الحياة العصرية بدونها . وبفضل الجهد الكبير الذي بذله العديد من العلماء والمهندسين والمخترعين الذين يشغل بينهم السوفييتيون مكانة مشرفة للغاية خطى علم التلفزيون خلال حقبة قصيرة من الزمن لا تتعدى اربعة عقود منذ اول ارسال تلفزيونى تجريبى ، خطوات واسعة ، فقد اضحى التلفزيون فى الاتحاد السوفييتى ، الى جانب الاذاعة والسينما ، وسيلة من اكثر وسائل التربية السياسية والثقافية والفنية جماهيرية وشعبية .

وتشمل شبكة الارسال التلفزيونى فى الاتحاد السوفييتى ما يزيد عن الف محطة ، وتغطى من مساحته الشاسعة منطقة يقطن فيها حوالى ٧٠ ٪ من السكان . ويبلغ عدد اجهزة الاستقبال التلفزيونى اكثر من ٤٠ مليونا .

ويتم بث برامج محطة التلفزيون المركزية فى الاتحاد السوفييتى الى المحطات الاخرى ، كما يجرى تبادل البرامج بين المحطات المختلفة بواسطة شبكة من الكابلات وخطوط الارحال اللاسلكى . وقد استحدثت فى عام ١٩٦٧ من اجل ذلك ايضا منظومة من محطات الاستقبال « اربيتا » (المدار) التى

تستقبل البرامج التلفزيونية عن طريق الاقمار الاصطناعية « مولنيا » (البرق) لتؤمن وصولها الى مناطق الاتحاد السوفييتي البعيدة . وهكذا يتمكن اهالى هذه المناطق من مشاهدة برامج التلفزيون المركزية ، شأنهم فى ذلك شان سكان موسكو . ولقد باشرت محطة التلفزيون المركزية فى عام ١٩٦٧ بارسال البرامج الملونة ايضا .

وقد وجد فن التلفزيون انتشارا واسعا، ليس فى مجال الاذاعة التلفزيونية وحسب ، بل وفى مجال التلفزيون التطبيقى ايضا ، اذ يستخدم فى شتى مجالات الاقتصاد الوطنى كوسيلة للمراقبة والتحكم والاتصالات والتعليم . ويؤدى التلفزيون دورا بارزا فى ابحاث الفضاء وفى مجال استخدام الطاقة الذرية للاغراض السلمية .

وستتفتح امام التلفزيون افاق واسعة . فليس بعيدا ذلك اليوم الذى نجد فيه محطات التلفزيون وهى لا تبث برامجها الملونة فقط ، بل سيكون بوسعك بعد فترة زمنية ابعد ان تجلس امام جهاز التلفزيون لترى على شاشته فلما مجسما .

وسوف تتيح نجاحات تكنولوجيا الاجهزة اللاسلكية امكانية صناعة اجهزة تلفزيون ذات شاشات مستوية من اشباه الموصلات ، مما سيجعلها اكثر كفاءة واسهل صيانة . وسوف لن يكون العدد القليل من البرامج المحلية التى تستقبلها اجهزة التلفزيون المنزلية على الموجات المترية والديسيمترية كافيا لسد رغبات الانسان ، بل سيكون بوسعه مشاهدة عدد اكبر من البرامج بعد ان تصبح هذه الاجهزة قادرة على استقبال برامج المحطات البعيدة مباشرة عن طريق الاقمار الاصطناعية . وسوف يشيع استخدام اجهزة التسجيل المرئى فى الحياة اليومية ، كما شاع فى الاستوديوهات . وسيتسع ايضا نطاق استخدام التلفزيون لاعطاء الدروس « فى المنازل » .

ويستفيد التلفزيون العصرى من منجزات شتى مجالات المعرفة ، ومن بينها هندسة الاضاءة ، البصريات الهندسية والالكترونية ، فيزيولوجيا الابصار ، الكهرباء الضوئية ، هندسة الصمامات الالكترونية ، هندسة الاتصال اللاسلكية والسلكية ، هندسة النبضات وغيرها . وبناء على مبادئ مجالات المعرفة هذه قامت الاسس العلمية والتكنولوجية للتلفزيون التى كرس لدراستها لهذا الكتاب .

الفصل الأول

مبادئ هندسة الاضاءة وفيزيولوجيا الابصار

البند ١ـ١ مبادئ هندسة الاضاءة

لا بد قبل دراسة الاسس العلمية والتكنولوجية للتلفزيون من دراسة بعض موضاعات الضوء .

ان الضوء هو شكل من اشكال الطاقة المغنطيسية الكهربائية . وهو لا يشغل من الطيف الواسع للموجات الكهرمغنطيسية الموجودة فى الطبيعة (الشكل ١ ـ ١) الا جزءا ضيقا محصورا بين ٠,٤ و ٠,٧٦ ميكرون * ، اذ ان هذا الجزء من الطيف فقط قادر على التأثير على عين الانسان مسببا الاحساس بالضوء . ولكن تأثر العين بالاشعاعات الضوئية التى تشغل ذلك النطاق الضيق (الجزء المرئى من طيف الذبذبات الكهرمغنطيسية) يختلف باختلاف طول الموجة .

اولا : يختلف لون الضوء باختلاف طول موجته ، كما يبين الجدول ١ ـ ١ الذى يعطى متوسط طول موجة كل جزء من اجزاء الطيف المناظرة للالوان « الرئيسية » السبعة .

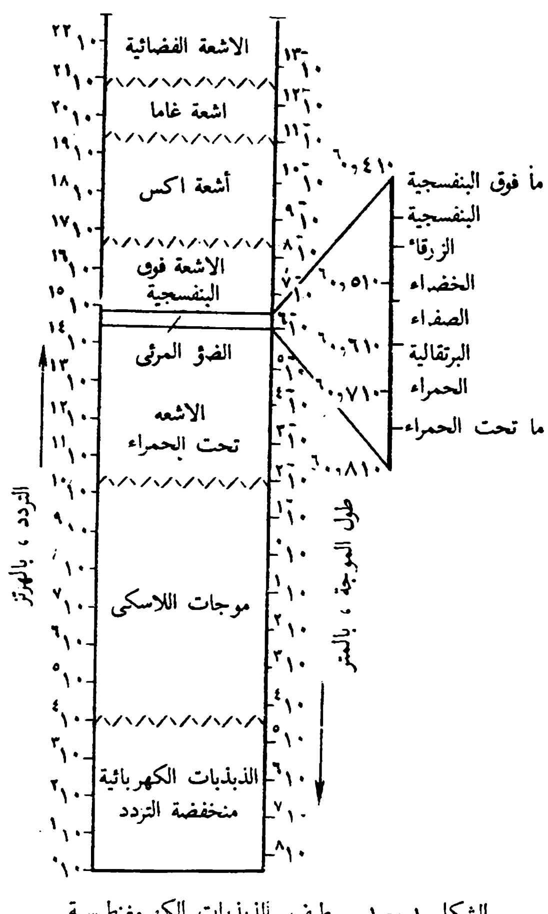
الجدول ١ ـ ١

طول الموجة (بالميكرون)	٠,٦٦٥	٠,٦٢٠	٠,٥٧٠	٠,٥٢٠	٠,٤٧٠	٠,٤٤٠	٠,٤٢٥
اللون	احمر	برتقالى	أصفر	اخضر	ازرق مخضر	ازرق (نيلى)	بنفسجى

* الميكرون هو جزء من الف من المليمتر .

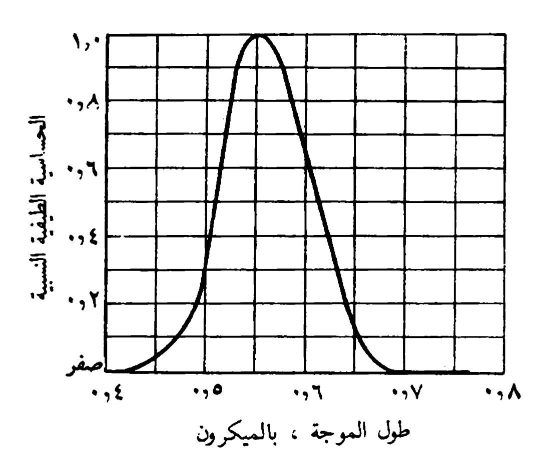
ثانيا : اذا اختلفت الاشعاعات الضوئية المتساوية القدرة باطوال موجاتها ، فهى تختلف بشدة تأثر العين بها والانطباع الذى تكونه العين عن قوة الضوء . يعنى ان حساسية العين للاشعاع الضوئى تختلف باختلاف المكان الذى يشغله فى الطيف .

ويبين الشكل ١ — ٢ منحنى الحساسية الطيفية النسبية للعين (منحنى الرؤية) ، وهو يحدد حساسية العين لكل موجة بالنسبة الى حساسيتها العظمى ، وهى الحساسية للاشعة الخضراء المصفرة . وهكذا يوضح الشكل ان حساسية العين للموجنين ٠,٥١ و ٠,٦١ ميكرون اقل من الحساسية العظمى بمرتين .



الشكل ١ — ١ . طيف الذبذبات الكهرمغنطيسية

ولكن الضوء ليس عبارة عن موجات صرفة ، اذ ان تفسير بعض الظواهر الضوئية يتطلب اعتبار الضوء مؤلفا من جسيمات من نوع خاص تسمى كمات الضوء او الفوتونات . وتتحدد طاقة الفوتون حسب نظرية الكم بتردد الاشعاع



الشكل ١ — ٢ . منحنى الحساسية الطيفية النسبية للعين

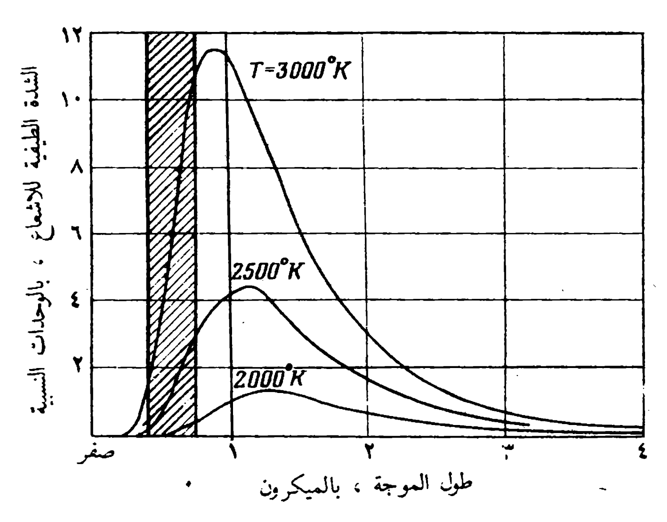
وتتناسب معه طرديا . وهكذا تسمح نظرية الكم بتفسير ظواهر عديدة ، منها ظواهر اشعاع وامتصاص الضوء .

وتتحدد شدة الاحساس بالاشعاعات الضوئية بعدة كميات ، نستعرضها فيما يلى :

١ — التدفق الضيائى ، وهو يحدد قدرة الاشعاع المرئى مع مراعاة الحساسية الطيفية للعين . ويقاس التدفق الضيائى بوحدة تسمى اللومن ، ويكون التدفق الضيائى مساويا ٦٨٠ لومن اذا كان منبعثا من مصدر ضوء قدرته واط واحد ، يحولها بكاملها الى ضوء وحيد الموجة (احادى اللون) طول موجته ٠,٥٥٥ ميكرون . اما اذا كان مصدر الضوء يحول قدرته بكاملها الى ضوء ، تختلف طول موجته عن ٠,٥٥٥ ميكرون ، فان التدفق الضيائى الذى ينتج عن اشعاع واط واحد يكون فى هذه الحالة مساويا لحاصل ضرب ٦٨٠ لومن فى الحساسية النسبية للعين لموجة الاشعاع . وهكذا يكون التدفق

الضيائى الذى يعطيه واط واحد من موجة طولها ٠,٦٢ ميكرون (اشعاع برتقالى) مساويا ٦٨٠ × ٠,٤ = ٢٧٢ لومن .

اما ضوء الشمس الذى يتألف من اشعاعات ذات اطوال موجية مختلفة ، فكل واط منه يعطى تدفقا ضيائيا مساويا ١٢٠ لومن . وكذلك لا يكون اشعاع اغلب مصادر الضوء العادية احادى اللون ، ولا ينحصر طيف اشعاع هذه المصادر فى نطاق الضوء المرئى ، بل يمتد بعيدا خارج هذا النطاق (الشكل ١ ــ ٣) . ولذلك يتكون التدفق الضيائى لهذه المصادر من نسبة صغيرة من



الشكل ١ ــ ٣ . التوزع الطيفى لاشعاع فتيلة التنجستين المتوهجة (الجزء المظلل هو نطاق الطيف المرئى)

قدرتها الاشعاعية . وهكذا يتكون التدفق الضيائى للمصابيح المتوهجة (مصابيح التنجستين) من ٣ ٪ فقط من اشعاعها .

٢ ــ الشدة الضيائية ، وهى عبارة عن التدفق الضيائى الذى يشعه مصدر الضوء فى اتجاه معين ضمن وحدة الزوايا المجسمة ، اي اذا كان مصدر الضوء يشع فى اتجاه معين تدفقا مقداره $\Delta\varphi$ ضمن زاوية مجسمة مقدارها $\Delta\Omega$ ، فان الشدة الضيائية تساوى :

$$I = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega} \qquad (1.1)$$

وتقاس الشدة الضيائية بوحدة تسمى الشمعة أو الكنديلا ، وتساوى شمعة واحدة اذا كان مصدر الضوء يشع تدفقا ضيائيا قدره لومن واحد ، موزع بانتظام ضمن زاوية نصف قطرية مجسمة * (steradian) .

ويعتبر مصدر الضوء نقطيا اذا كان يشع التدفق الضيائى من نقطة واحدة الى جميع الجهات على التساوى . وطالما ان الزاوية المجسمة المحيطة بنقطة تساوى 4π ، فان الشدة الضيائية للمصدر النقطى الذى يشع تدفقا مقداره Φ تساوى :

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \tag{1.2}$$

الا ان غالبية مصادر الضوء لا يمكن ان تعتبر مصادر نقطية ، وتختلف شدتها الضيائية باختلاف الاتجاه الذى ترى منه . واذا كان مصدر الضوء هو عبارة عن سطح مستوى مضئ (مثل شاشة التلفزيون) ، فان الشدة الضيائية تختلف حسب الاتجاه وفقا لقانون لامبرت :

$$I = \frac{\Phi}{\pi}\cos\alpha = I_0 \cos\alpha \tag{1.3}$$

حيث I_0 هى الشدة الضيائية فى الاتجاه العمودى على السطح المضئ ، بينما α هى الزاوية المحصورة بين اتجاه النظر الى السطح والاتجاه العمودى على هذا السطح .

وتدل العلاقة (1.3) ان الشدة الضيائية تقل كلما انحرف اتجاه المشاهدة عن الاتجاه العمودى $(\alpha = 0)$ ، الذى تكون فيه للشدة الضيائية قيمة عظمى . وتساوى الشدة الضيائية القصوى :

$$I_0 = \frac{\Phi}{\pi} \tag{1.4}$$

---

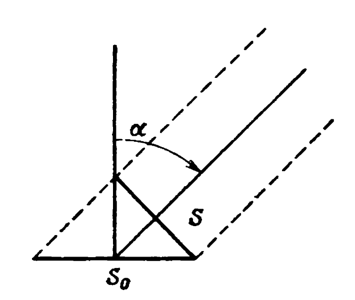
* الزاوية نصف القطرية المجسمة هى زاوية مجسمة تقطع من سطح الكرة التى يقع رأس الزاوية فى مركزها مساحة تساوى مربع نصف القطر (R^2) . وطالما ان سطح الكرة كله يساوى $4\pi R^2$ ، فان الزاوية المجسمة التى تشمل كل الفضاء تساوى $\frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi$ steradian ، اى تزيد بنسبة 4π عن الزاوية نصف القطرية المجسمة .

٣ – النصوع : هو عبارة عن الشدة الضيائية التى يشعها ١ م٢ من سطح مصدر الضوء . فاذا كانت الشدة الضيائية لمصدر من مصادر الضوء هى I ومساحته هى S ، فان النصوع يساوى :

$$B = I/S \qquad (1.5)$$

ويقاس النصوع بوحدة تسمى النيت او الشمعة/م٢ ، وهى عبا ة عن نصوع سطح مضىء يشع كل م٢ منه شدة ضيائية مقدارها شمعة واحدة .

وتتميز المصادر التى تحقق قانون لامبرت بأن نصوعها لا يعتمد على الاتجاه، بخلاف شدتها الضيائية ، لأن الشدة الضيائية تقل بموجب القانون $I = I_0 \cos \alpha$ كلما انحرف اتجاه النظر عن الاتجاه العمودى على السطح (الشكل ١ – ٤) وتقل فى نفس الوقت الابعاد الظاهرية للسطح الذى يبدو وكأن مساحته تساوى $S = S_0 \cos \alpha$ ، فيبقى النصوع ثابتا مهما تغير الاتجاه:



الشكل ١ – ٤ . الابعاد الظاهرية لسطح مضىء يشاهد بزاوية α

$$B = \frac{I}{S} = \frac{I_0 \cos \alpha}{S_0 \cos \alpha} = \frac{I_0}{S_0} \qquad (1.6)$$

ويبين الجدول ١ – ٢ قيم نصوع بعض مصادر الضوء التى تصادف عمليا .

٤ – الاستضاءة : ان الشدة الضيائية والنصوع هما كميتان مميزتان للمصادر التى تشع الضوء بنفسها ولكن اغلب الاجسام التى تحيط بنا لا تشع الضوء بنفسها ، ونراها بفضل انعكاس ضوء مصادر الانارة عنها . وتتميز استضاءة هذه الاجسام بمقدار التدفق الضيائى الذى يسقط على وحدة سطحها . فاذا كان سطح الجسم المضاء يساوى S ، واذا كان ينار بانتظام بتدفق ضيائى مقداره Φ ، فان الاستضاءة تساوى :

$$E = \Phi/S \qquad (1.7)$$

الجدول ١ — ٢

مصادر الضوء	النصوع (شمعة/م²)
شاشة جهاز التلفزيون	٣٠—١٠٠
لهب الشمعة	٣٠٠٠—٨٠٠٠
المصابيح الفلورية (الفلورسنتية)	٥٠٠٠—١٠٠٠٠
فتيلة مصباح التنجستين	٢—٣ مليون
شمس الظهيرة	١٠٠٠—٢٠٠٠ مليون

وتقاس الاستضاءة بوحدة تسمى اللوكس . واللوكس هو عبارة عن استضاءة سطح مساحته ١ م² عندما يضاء بانتظام بتدفق ضيائي مقداره لومن واحد .

هذا وان اقل استضاءة تكفى للقراءة هى حوالى ٢٠ لوكس ، بينما تبلغ الاستضاءة التى تحدثها اشعة الشمس مباشرة حوالى ١٠٠ ٠٠٠ لوكس .

وينعكس الضوء عن اغلب الاجسام انعكاسا انتشاريا (اى فى شتى الجهات) ، بخلاف انعكاسه عن المرايا . واذا كان انعكاس الضوء عن السطوح الملساء (المعادن المصقولة مثلا) ، يتم وفقا لقانون الانعكاس عن المرايا الذى ينص على ان زاوية الانعكاس تساوى زاوية السقوط ، فان الانعكاس الانتشارى (الانعكاس عن السطوح غير اللماعة) يتميز بأن الضوء المنعكس يتنشر فى جميع الاتجاهات على التساوى . وتسمى نسبة التدفق الضيائى المنعكس Φ_r الى التدفق الضيائى الساقط Φ_i بمعامل الانعكاس ρ :

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i} \tag{1.8}$$

وطالما ان السطح العاكس يمتص جزءا من الضوء الساقط عليه ، لذلك تكون ρ اقل من الواحد . ويبين الجدول ١ — ٣ قيم معامل الانعكاس ρ لبعض المواد التى ينعكس الضوء عنها انعكاسا انتشاريا .

الجدول ١ — ٣

المادة	ثلج	ورق ابيض	رمل	عشب	جوخ اسود	مخمل اسود
معامل الانعكاس	٠,٩٣	٠,٧—٠,٨	٠,٢٥	٠,١—٠,١٥	٠,٠١—٠,٠٢	٠,٠٠٤— ٠,٠١

ويمكن ان يعتبر السطح العاكس للضوء مصدرا للضوء يشع تدفقا Φ_r ويتحدد نصوعه (فى حالة الانعكاس الانتشارى) من العلاقتين (1.4) ، (1.6) :

$$B = \frac{I_0}{S_0} = \frac{\Phi_r/\pi}{S_0} \tag{1.9}$$

وبموجب (1.7) ، (1.8) :

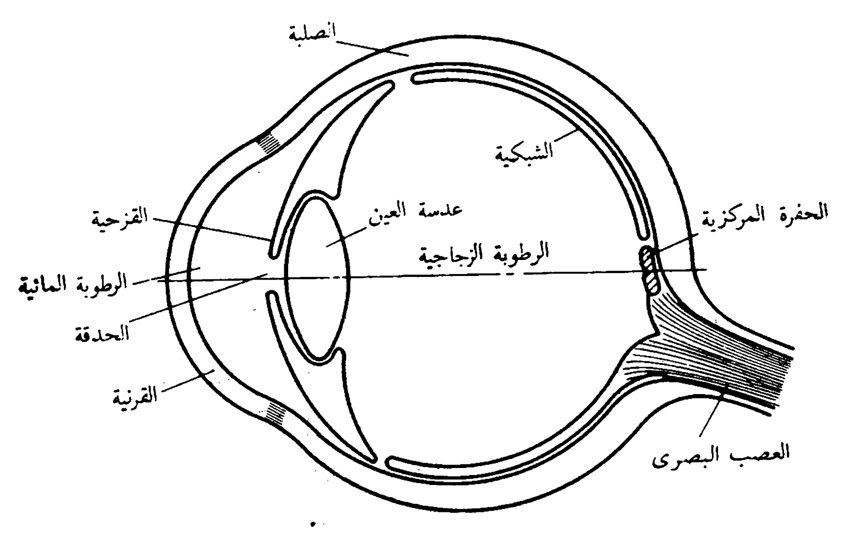
$$B = \frac{\Phi_i \rho}{\pi S_0} = \frac{E\rho}{\pi} \tag{1.10}$$

البند ١ — ٢ العين والابصار

١ — تركيب العين : لكى نكون تصورا واضحا عن مبادئ التلفزيون ، لا بد من التعرف على تركيب عين الانسان ووظيفتها وخصائصها الاساسية .

ويبين الشكل ١ — ٥ تركيب العين مبسطا .

ان مقلة (كرة) العين كروية الشكل ، تحيط بها عدة طبقات من الاغشية ، والطبقة الخارجية صلبة جدا ، وتسمى الصلبة ، وهى غير شفافة الا فى جزئها الامامى حيث تتحول الى غشاء شفاف بارز بعض الشيء الى الامام يسمى القرنية . ويلى القرنية حيز مملوء بسائل شفاف يسمى الرطوبة المائية . ويفصله عن الحيز الآخر المملوء بالرطوبة الزجاجية غشاء معتم ذو لون يحدد لون عين الانسان ، وهو يسمى القزحية ، وتوجد فى وسط القزحية فتحة تسمى الحدقة او البؤبؤ ، وهى تتوسع او تتقلص حسب شدة التدفق الضوئى الساقط على العين ، مما يمكن العين من التكيف (التهيؤ) لمستويات



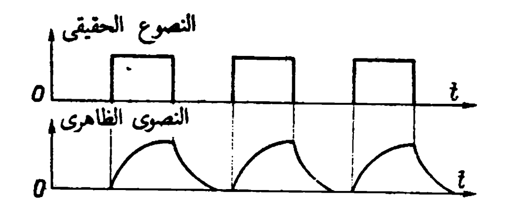
الشكل ١ — ٥ . تركيب عين الانسان

الاستضاءة المختلفة . ويوجد خلف القرنية جسم شفاف ، شبيه بعدسة محدبة الوجهين ، يسمى عدسة العين . ويتغير تحدب عدسة العين ، بقوة عضلات العين ، عند تحويل النظر من جسم الى آخر ، بحيث يتغير بعده البؤرى لتبقى صورة الجسم المنظور مركزة على الشبكية (غشاء العين الداخلى) ، وذلك حتى اذا تغير بعد الجسم عن العين من ١٠ — ١٢ سم الى مالانهاية . وتسمى خاصية العين هذه بالتكيف بالنسبة الى المسافة . اما الشبكية ، فهى عبارة عن غشاء يتفرع من العصب البصرى ويحتوى على نهايات عصبية من نوعين : المخاريط والقضبان . وتتميز المخاريط بانها حساسة للضوء وللالوان ، بينما القضبان حساسة للضوء فقط . والمخاريط مركزة بصورة رئيسية فى الجزء الاوسط من الشبكية ، وخاصة فيما يسمى بالحفرة المركزية التى تبلغ ابعادها حوالى ٠,٤ مم ، او ما يعادل ابعاد صورة جسم زاوية مشاهدته تساوى حوالى ١,٣° ويتصل كل مخروط عادة بليف عصبى واحد ، ينقل الاحساسات الى الدماغ . اما القضبان فهى مركزة فى اطراف الشبكية ، ويتصل عادة عدد كبير منها (حتى ١٠٠ قضيب) بليف عصبى واحد . وهذا يجعل القضبان اكثر حساسية من المخاريط ، ولكن يجعلها اقل قدرة على تمييز التفاصيل .

ولذلك ، فان العين تتجه بصورة غريزية بحيث تتركز صورة الجسم المنظور او تفاصيله الدقيقة على الحفرة المركزية .

٢ – قدرة التحليل : ان العين تستطيع ان تميز بين نقطتين من جسم تشاهده ، اذا كانتا قريبتين الى بعضهما لدرجة ان صورتيهما على الشبكية تتكونان على مخروط واحد . ويمكن ان تميز العين بين نقطتين مضيئتين اذا كانتا بعيدتين عن بعضهما بعدا كافيا ، لكي تكون صورتاهما على الشبكية مركزتين على مخروطين يفصل بينهما مخروط واحد آخر على الاقل . وتسمى اقل زاوية ، يمكن ان نرى ضمنها نقطتين على حدة ، زاوية التبين او زاوية التحليل . هى تختلف من عين الى اخرى ، وتتغير حسب ظروف المشاهدة ، وتساوى فى حالة الاضاءة الجيدة حوالى دقيقة زاوية واحدة . وكلما صغرت زاوية التبين ، كانت العين اكثر قدرة على تبين او تحليل تفاصيل الصورة الدقيقة ، ولذلك فان المقدار المساوى ُمعكوس زاوية التبين يسمى قدرة التبين او قدرة التحليل .

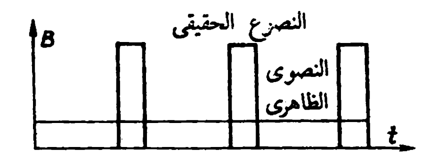
٣ – مداومة الابصار . ان التفاعلات الكيميائية التى تجرى فى مخاريط وقضبان العين بتأثير الضوء لا يمكن ان تتم لحظيا . ولذلك فان العين لا تحس بتأثير الضوء فورا ، كما انها لا تستطيع ان تحس بانقطاع الضوء فورا ، وهذا يعنى ان الاحساس البصري يتميز بقصور ذاتى او بمداومة الابصار .



الشكل ١ – ٦ . تغير الاحساس بالضوء عندما تسقط على العين نبضات (ومضات) مربعة أو مستطيلة

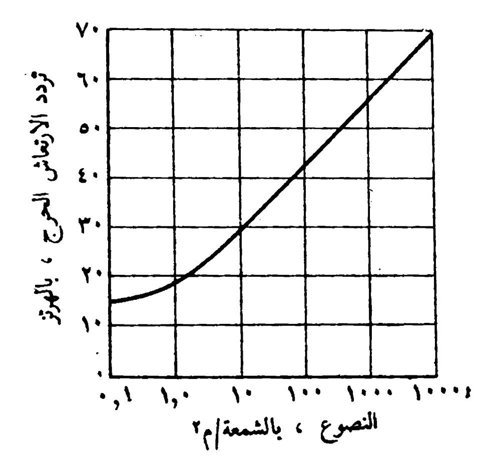
يبين الشكل ١ – ٦ كيف يتغير الاحساس بالضوء ، مع الزمن بتأثير نبضة (ومضة) مربعة من الضوء . فاذا كانت ومضات الضوء تتعاقب ببطء نسبيا ، فان العين تحس بتلألؤ الضوء ، وبزيادة تردد الومضات نصل الى حالة ،

يستمر فيها تأثر العين بكل ومضة حتى مجيء الومضة التالية . وفى هذه الحالة تحس العين بارتعاش الضوء . ولكن اذا كان تردد الومضات اكبر من ذلك لدرجة كافية ، فان العين لاتحس بالارتعاش ، ويبدو مصدر الومضات كما



الشكل١ – ٧ . النصوع الحقيقى والنصوع الظاهرى لمصدر ضوء يومض بسرعة ، بتردد اعلى من التردد الحرج

لو كان مصدر ضوء ذا نصوع ثابت ، يساوى نصوعه القيمة الوسطى لنصوع الومضات (شكل ١ – ٧) . ويسمى التردد الذى يختفى عنده الاحساس بالارتعاش بتردد الارتعاش الحرج ، وهو يزداد بشدة بازدياد النصوع (شكل ١ – ٨) .



الشكل ١ – ٨ . العلاقة بين تردد الارتعاش الحرج ومصدر الومضات

الفصل الثانى

المبادئ الاساسية للتلفزيون

البند ٢ ـ ١ خصائص ارسال الصور كهربائيا

يوجد بعض التشابه بين الارسال الكهربائى للصور والارسال الكهربائى للاصوات ، ولكن توجد اختلافات هامة بينهما ايضا .

فمن المعروف اننا نسمع الاصوات بفضل الذبذبات الصوتية التى تنتشر فى الهواء حول مصادر الاصوات وتؤثر على غشاء الطبل في الاذن . ولكى يتم ارسال الذبذبات الصوتية كهربائيا ، تحول هذه الذبذبات بواسطة ميكروفون الى ذبذبات كهربائية ، ترسل سلكيا أو لاسلكيا الى مكان الاستقبال ، حيث يقوم المجهار او سماعة التلفون بتحويل تلك الذبذبات الى ذبذبات صوتية من جديد .

ونرى الاشياء المحيطة بنا بفضل الضوء الذى تشعه أو تعكسه هذه الاشياء ، وتتأثر به العين . ولكى يتم ارسال صور هذه الاشياء يلزمنا قبل كل شىء ، وكما في حالة ارسال الاصوات ، ان يكون لدينا « ميكروفون ضوئى » يحول الضوء الساقط عليه الى تيار كهربائى ، ويمكن ان تقوم بهذا الدور الخلية الكهرضوئية مثلا . وبالاضافة ألى قناة الاتصال ، المشابهة لقناة ارسال الاصوات ، تلزمنا ايضا وسيلة تقوم مقام سماعة التلفون ، فتحول التيار الكهربائي الاتى الى جهاز الاستقبال الى ضوء . ويمكن ان يؤدى هذا الدور اى من مصادر الضوء الكهربائية : المصابيح المتوهجة (مصابيح التنجستين) ، المصابيح الغازية (مصابيح النيون) ، والمصابيح الفلورسنتية وغيرها . الا ان هذه الطريقة المشابهة لطريقة ارسال الاصوات لا تسمح بارسال اي صوره ، وفي احسن الاحوال يمكن ان تسمح بارسال معلومات عن كون الشىء الذى نرغب في تلفزته (ارسال صورته) نيرا ام قاتما . فاذا

كان نيرا ، فان الخلية الكهرضوئية الموضوعة امامه تعطى تيارا كبيرا يمر عبر قناة الاتصال ويسبب ضياء ساطعا للمصباح الكهربائى المستقبل . اما اذا كان ذلك الشئ قاتما ، فان الخلية الكهرضوئية تولد تيارا ضعيفا ، فيضئ المصباح بضعف . ولكن لن نحصل بهذه الطريقة على اية صورة ، ويكمن السبب فى الاختلاف الكبير بين ادراك اعضاء الحس للاصوات وادراكها للصور .

ويتلخص هذا الاختلاف في ان الصوت مهما كان معقدا يؤثر على الاذن فى كل لحظة بضغط واحد محدد ، اما الضوء المنبعث عن الشئ المرئى ، مهما كان هذا الشئ بسيطا ، فهو يأتى الى العين بصورة مجموعة من الاشعة تؤثر فى آن واحد على الشبكية وتشكل صور مستقلة للنقاط التى يتألف منها ذلك الشئ . وقد ادى هذا الاختلاف الكبير بين السمع والبصر الى ان يكون ارسال الصور اعقد بكثير من ارسال الاصوات . فطالما اننا نحصل فى شبكية العين على صورة لكل نقطة من نقاط اللوحة او المنظر الذى ننظر اليه ، يلزمنا لارسال اللوحة او المنظر ، ان نعيد انتاج كل نقطة فى الطرف المستقبل بالوانها الطبيعية . ويمكن أن نكون تصورا عن اللوحة او المنظر اذا اعدنا انتاج كل نقطة من نقاط اللوحة او المنظر بلون واحد ، على ان نجعل الطاقة الضوئية لكل نقطة (او نصوع هذه النقطة) متناسبة مع الطاقة الضوئية التى تنعكس عن النقطة المناظرة في الاصل ، مهما كان اللون الاصلى لهذه النقطة . وتسمى الصورة التى نحصل عليها في هذه الحالة ، كالصورة التى نحصل عليها فى التصوير الضوئى العادى ، صورة سوداء وبيضاء .

وهكذا يمكن ارسال صورة لوحة شطرنج ، اذا وضعنا امام كل مربع من مربعات هذه اللوحة خلية كهرضوئية موصلة بقناة اتصال مستقلة ، على ان تتصل كل قناة فى الطرف المستقبل بمصباح من مصابيح كهربائية مرتبة فى مستوى ترتيبا مشابها لترتيب الخلايا الكهرضوئية المناظرة فى الطرف المرسل . واذا كان كل مصباح مربع الشكل ، ومصنوعا من زجاج يخرج الضوء منه منتشرا ، فاننا نحصل بهذه الطريقة على صورة مماثلة للوحة الشطرنج ،

اذ ان المصابيح المشتعلة تناظر المربعات البيضاء ، بينما تناظر المصابيح غير المشتعلة المربعات السوداء

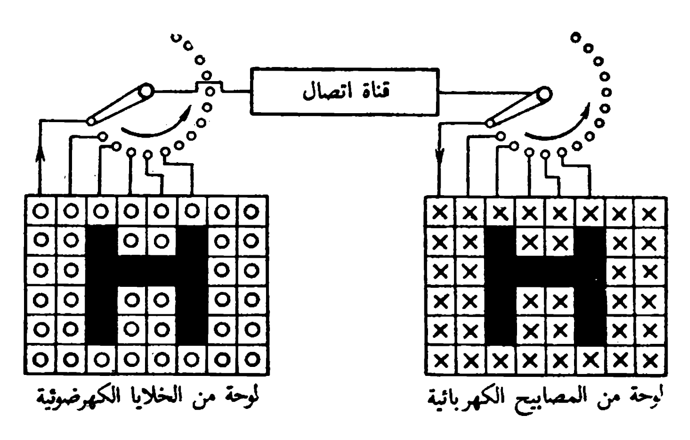
وبهذه الطريقة يمكن ارسال لوحة الشطرنج اذا استخدمنا عددا مساويا لعدد مربعاتها ، اى ٦٤ من الخلايا الكهرضوئية ، وعددا مماثلا من قنوات الاتصال ، وعددا مماثلا من المصابيح . واذا كان المنظر او الشئ المتلفز اكثر تعقيدا ، يلزمنا ان نقسمه الى عدد كاف من الاجزاء المسماة بعناصر الصورة ، حتى اذا ارسلنا هذه العناصر ، كان بامكاننا اعادة انتاج التفاصيل الدقيقة من المنظر . فاذا استخدمنا لارسال المنظر نفس الطريقة ، فاننا نحتاج الى مجموعات من الخلايا الكهرضوئية وقنوات الاتصال والمصابيح الكهربائية ، يساوى عددها نفس عدد عناصر المنظر . ولكى يكون بيان (تفاصيل) الصورة التى نحصل عليها لأى منظر مماثلا لبيان الصورة التى نحصل عليها في السينما ، يجب ان يكون عدد عناصر المنظر التى يمكن ارسالها اكثر من مليون . وهذا يعنى انه في حالة الارسال بتلك الطريقة يلزمنا اكثر من مليون من الخلايا الكهرضوئية وعدد مماثل من قنوات الاتصال والمصابيح الكهربائية . ومن الواضح انه لا يمكن تحقيق مثل هذه المنظومة . ولذلك ينطلق التلفزيون من مبادئ اخرى .

البند ٢ ــ ٢ الطرائق الاولى للارسال التلفزيونى

١ ــ طريقة دى بايوا : فى عام ١٨٧٩ تقدم المخترع البرتغالى دى بايوا باقتراح يتلخص فى ارسال عناصر الصورة على التعاقب واحدا بعد الآخر ، على ان تكون سرعة ارسال الصورة كلها كبيرة لدرجة ان العين ستتمكن من « تذكر » اول عنصر من عناصر الصورة فى لحظة ارسال اخر عنصر منها . ولذلك يجب ان يتم ارسال جميع عناصر الصورة فى وقت لا يزيد عن ٠,١ ثا (فترة مداومة الابصار) . وفى هذه الحالة تتيح خواص مداومة الابصار للعين ان ترى عناصر الصورة المرسلة على التعاقب كأنها صورة كاملة .

ويسمى ارسال الصورة عنصرا عنصرا على التعاقب عملية مسح الصورة

وقد اقترح دى بايوا وعديدون من بعده ان تجرى عملية المسح بطريقة ميكانيكية . ويبين الشكل ٢ — ١ احدي الطرائق التى اقترحت ، وهى تتلخص فى ان مجموعة من الخلايا الكهرضوئية ترتب على لوحة (اطار) ، تسقط

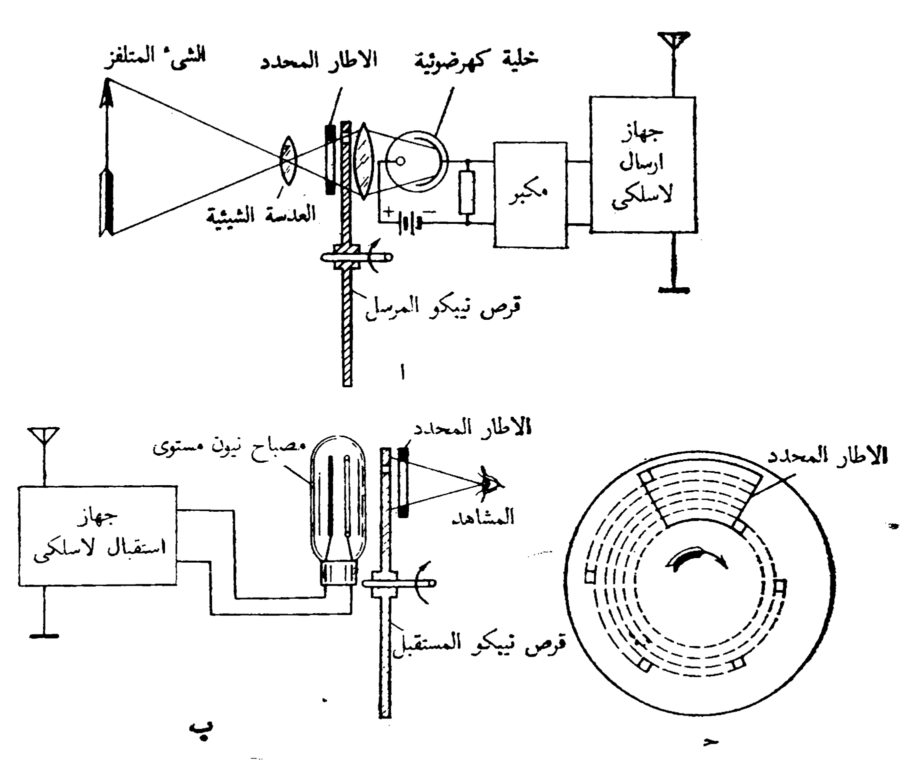


الشكل ٢ — ١ . طريقة المسح الميكانيكى

عليها صورة الشيء المراد ارساله ، وتوصل هذه الخلايا واحدة واحدة على التعاقب بقناة اتصال واحدة بواسطة مبدل ميكانيكى ، على ان يقوم مبدل ميكانيكى آخر فى الطرف المستقبل بتوصيل قناة الاتصال الى مجموعة من المصابيح الكهربائية ، مرتبة ايضا على لوحة . وينبغى ان يتم توصيل هذه المصابيح الى قناة الاتصال واحدا واحدا على التعاقب ، بصورة مماثلة لتبديل الخلايا الكهرضوئية المناظرة . الا ان هذه الطريقة والطرائق المشابهة لم تتحقق عمليا لأنها تتطلب مبدلا ميكانيكيا يعمل بسرعة لا يمكن تحقيقها .

٢ — قرص نيبكو : اقترح المهندس نيبكو فى عام ١٨٨٤ طريقة امكن بواسطتها تحقيق عملية المسح ميكانيكيا ، كما امكن استخدام خلية كهرضوئية واحدة ومصباح كهربائي واحد فقط ، بالاضافة الى قناة اتصال واحدة لتلفزة كل عناصر الصورة . وتعتمد طريقة نيبكو على ستخدام قرص ذى فتحات مربعة منزاحة بالنسبة الى بعضها بزوايا متساوية ، بحيث تكون كل فتحة اقرب الى المركز من الفتحة السابقة لها بمسافة تساوى عرض الفتحة نفسها . ويبين الشكل ٢ — ٢ طريقة نيبكو .

تسقط صورة الشئ الذى نريد تلفزته على سطح القرص ضمن حدود الاطار المحدد . وعندما يدور القرص ، تمر فتحاته على التعاقب امام الاطار المحدد ، بحيث يمر من خلال كل فتحة اثناء مرورها امام الاطار الضوء المنبعث من نقاط الصورة الموجودة على خط مقوس يسمى بخط المسح .



الشكل ٢ – ٢ . طريقة الارسال بواسطة قرص نيبكو : ا – الطرف المرسل؛ ب – الطرف المستقبل؛ ج – قرص نيبكو

وهكذا فان الخلية الكهرضوئية « تنظر » الى صورة الشيء المتلفز نقطة بعد نقطة وخطا بعد خط ، وذلك من خلال فتحات القرص اثناء مرورها على التعاقب امام الاطار المحدد . ولذلك يناظر تيار الخلية الكهرضوئية فى كل لحظة نصوع الجزء الذى « تراه » من خلال فتحة واحدة (وهذا الجزء يمثل عنصر الصورة) ويتغير من لحظة الى اخرى بتغير النصوع من نقطة الى اخرى ،

حسب محتوى الصورة . ويكبر تيار الخلية الكهرضوئية بواسطة مكبر ثم يسلط على جهاز ارسال لاسلكي .

وفي جهاز الاستقبال يكبر تيار الاشارة المستقبلة ثم يسلط على مصباح من مصابيح الضوء الغازي (مصابيح النيون) التي تمتاز بأنها تغير نصوعها بسرعة بتغير التيار المغذي لها بخلاف المصابيح العادية (مصابيح التنجستين) . ويستخدم في جهاز الاستقبال قرص مماثل للقرص المستخدم في الطرف المرسل . وعند دوران القرص امام المصباح يرى المشاهد هذا المصباح من خلال فتحات القرص التي تمر تباعا امام الاطار المحدد . واذا كان المصباح يضيء باستمرار ، فان المشاهد يرى كل فتحة اثناء مرورها امام الاطار المحدد ، كما لو كان يرى خطا مقوسا مضيئا ، بحيث يرى المشاهد بنتيجة مرور فتحات القرص كلها مجال الاطار المحدد ، كما لو كان هذا المجال عبارة عن شاشة مضيئة بكاملها . واذا سلط على المصباح تيار اشارة تلفزيونية ، تتغير شدتها وفقا لتغير النصوع من نقطة الى اخرى في الصورة المرسلة ، فان النقاط المختلفة من تلك « الشاشة » سوف تضيء بنصوعات مختلفة تبعا لتغير تيار الاشارة التلفزيونية . واذا كان دوران قرص نيبكو في الطرف المستقبل متزامنا مع دوران قرص نيبكو في الطرف المرسل (من حيث السرعة والطور) ، فان الفتحة التي تمر امام الاطار المحدد في المستقبل تبدو على « الشاشة » في مكان مماثل للمكان الذي تشغله في نفس اللحظة في مجال الاطار المحدد في الطرف المرسل فتحة قرص نيبكو المناظرة . وهكذا نحصل في الطرف المستقبل على صورة تماثل عناصرها من حيث النصوع ، عناصر الشيء المتلفز .

ولم تتحقق طريقة الارسال بواسطة قرص نيبكو الا في عام ١٩٢٥ ، بعد ان اصبح بالامكان الحصول على نوعية جيدة للقطع اللازمة (الخلية الكهرضوئية وصمامات التكبير وما الى ذلك) . اتمد جرى الارسال التلفزيوني في الاتحاد السوفييتي بطريقة قرص نيبكو في السنوات ١٩٢٩ — ١٩٣٧ .

٣ — عيوب الطرائق الميكانيكية : ان منظومات الارسال التلفزيوني التي تستخدم قرص نيبكو لا تؤمن صورة جيدة ، اذ انها لا تستفيد من معظم

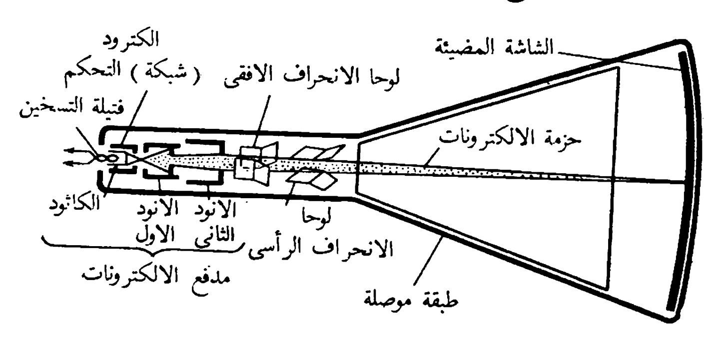
التدفق الضيائى الذى تتكون منه الصورة على قرص نيبكو ، وتستفيد فقط من التدفق الذى يمر من خلال فتحة واحدة من فتحات القرص . ولذلك لا يمكن استخدام عدد كبير من خطوط المسح (اى من الفتحات) ، والا يكون الجزء المستفاد منه من التدفق الضيائى صغيرا بحيث ان تيار الخلية الكهرضوئية قد يصبح اقل من ضوضاء صمام التكبير . وهكذا تتطلب زيادة عدد خطوط المسح (لتحسين جودة الصورة التلفزيونية) زيادة شدة الاضاءة ، ولذا كانت شدة الاضاءة اللازمة للارسال بطريقة نيبكو اكبر بكثير من شدة الاضاءة التى تلزم للتصوير السينمائى .

وهكذا لم تتمكن طريقة قرص نيبكو وغيرها من الطرائق الميكانيكية من تأمين جودة عالية للصورة التلفزيونية ، ولقد امكن تأمين الجودة العالية باستخدام منظومات التلفزة (الارسال والاستقبال التلفزيونى) الالكترونية

البند ٢ ـ ٣ التلفزة الالكترونية

١ ـ انبوب اشعة الكاثود : كان العالم الروسى روزينج اول من قال باستخدام انابيب اشعة الكاثود (انابيب الشعاع الالكترونى) لاعادة تركيب الصورة التلفزيونية المرسلة بطريقة المسح . ولقد تقدم بفكرته هذه فى عام ١٨٩٧ وحققها عمليا فيما بعد .

وانبوب اشعة الكاثود (الشكل ٢ ـ ٣) هو عبارة عن غلاف زجاجى مخروطى الشكل ، مفرغ من الهواء تفريغا جيدا ، ومغطى من الداخل ،



الشكل ٢ ـ ٣ . تركيب انبوب اشعة الكاثود ، ذى الانحراف الالكتروستاتى

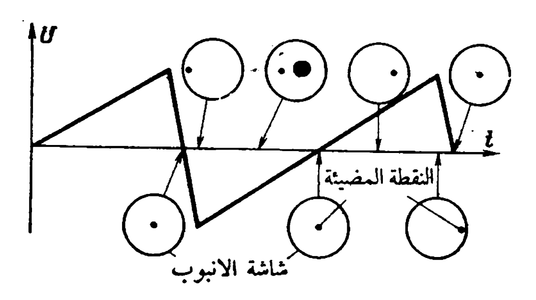
على قعره الواسع ، بمادة متفسفرة (مادة من المواد التى تضئ اذا اصطدمت بها الكترونات سريعة) ، ويحتوى فى الجزء الضيق على كاثود يبعث الالكترونات عند تسخينه كما ويحتوى ايضا على عدة الكترودات (اقطاب كهربائية) اسطوانية ذات محور مشترك .

ويسلط على الالكترود الاسطوانى الاول جهد سالب يسمح تغييره بالتحكم فى كمية الالكترونات المارة من خلال هذا الالكترود الذى يسمى الكترود التحكم . ويسلط على الالكترودين الثانى والثالث جهدان موجبان لتعجيل الالكترونات العابرة من خلالهما وتركيزها حتى نحصل على حزمة ضيقة دقيقة . ويسمى الالكترود الثالث (الاخير) بالانود (او الانود الاخير) وهو يكون احيانا بشكل طبقة موصلة من الجرافيت الغروانى (الأكواداج) تغطى من الداخل الجدران الجانبية للانبوب .

وتسمى مجموعة الالكترودات التى تكون حزمة الكترونية دقيقة مدفع الالكترونات او قاذف الالكترونات . ويؤدى اصدام الكترونات الشعاع (الحزمة الدقيقة) بشاشة الانبوب المغطاة بالمادة المتفسفرة الى ظهور نقطة (بقعة صغيرة) مضيئة فى مكان الاصطدام . وتتوقف شدة ضياء (نصوع) هذه النقطة على كمية الكترونات الشعاع . وتتحدد هذه الكمية بجهد الكترود التحكم ، ولذلك يمكن تغيير نصوع النقطة المضيئة على الشاشة بتغيير جهد ذلك الالكترود .

ويمكن تحريك الشعاع الالكترونى والنقطة المضيئة التى يولدها على الشاشة بواسطة زوجين من الالواح : لوحين يوضعان مثلا رأسيا ، ولوحين يوضعان افقيا . وتوضع هذه الالواح فى داخل الانبوب وهى تسمى بالالواح الحارفة . واذا سلطنا على زوج من هذه الالواح فلطية (فرق جهد) ثابتة فان الالكترونات التى تمر بين اللوحين تنجذب نحو اللوح ذى الشحنة الموجبة وتبتعد عن اللوح ذى الشحنة السالبة . ويتحدد انحراف الشعاع الالكترونى عن مركز الشاشة بمقدار الفلطية المسلطة .

واذا سلطنا على اللوحين الموضوعين رأسيا فلطية متغيرة مع الزمن وفقا لخط (شكل موجى) يشبه اسنان المنشار (الشكل ٢ ـ ٤) فان الشعاع



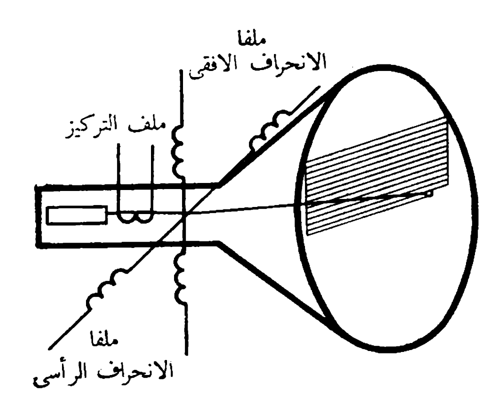
الشكل ٢ – ٤. اوضاع النقطة المضيئة على شاشة الانبوب عند قيم لحظية مختلفة لفلطية سن المنشار المسلطة على اللوحين الحارفين الرأسيين

الالكترونى والنقطة المضيئة سوف يتحركان من يسار الشاشة الى يمينها حركة منتظمة ثم يرتدان بسرعة الى اليسار . واذا كانت « فلطية سن المنشار » تتغير بسرعة كافية فان العين لن تلاحظ اوضاعا منفصلة للنقطة المضيئة ، بل ترى على الشاشة خطا افقيا (سطرا) متصلا .

واذا كانت فلطية سن المنشار مسلطة على اللوحين الموضوعين افقيا فان الشعاع سيتحرك حركة منتظمة بطيئة ، من الاعلى الى الاسفل مثلا ، ثم يرتد بسرعة الى الاعلى .

واذا سلطنا فلطية سن المنشار فى ان واحد على كلا الزوجين من الالواح ، بحيث يكون تردد ذبذبات سن المنشار المسلطة على اللوحين الموضوعين افقيا (وهما يسببان انحراف النقطة المضيئة رأسيا) اقل بمئات المرات من تردد الذبذبات المسلطة على اللوحين الموضوعين رأسيا (وهما يسببان انحرافا رأسيا) ، فان الشعاع سوف يتحرك افقيا بسرعة ثم يرتد ويكرر هذه الحركة بينما هو يتحرك فى نفس الوقت ببطء من الاعلى الى الاسفل (راسما خطوطا افقية) . واذا كان تردد ذبذبات سن المنشار عاليا لدرجة كافية ، بحيث تتحرك النقطة المضيئة بسرعة كافية ، فان العين سوف ترى بفضل مداومة الابصار خطوطا افقية ، اذا شاهدناها من مسافة بعيدة بعض الشئ فاننا لن نلاحظها منفصلة عن بعض ، بل نرى مستطيلا مضيئا . ويسمى مجموع الخطوط الافقية (الشكل ٢ – ٥) التى تبدو ، اذا نظرنا اليها من مسافة كافية ، بشكل مستطيل مضئ بالهيكل الخطى .

ونلاحظ ان انبوب اشعة الكاثود المبين فى الشكل ٢ ــ ٣ يستخدم الطريقة الالكترستاتية (طريقة المجال الكهربائى الاستاتيكى) لتركيز الشعاع الالكترونى وحرفه ويمكن ان يتم تركيز الشعاع وانحرافه ايضا بالطريقة المغناطيسية ، اى يمكن استخدام المجال المغناطيسى بدلا من المجال الكهربائى ، ويمكن توليد المجال المغناطيسى اللازم بواسطة ملفات خاصة تركب على عنق الانبوب (الشكل ٢ ــ ٥) .

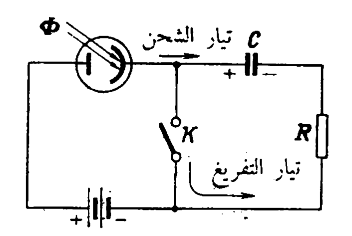


الشكل ٢ ــ ٥ . تشكل الهيكل الخطى (الراستر) على شاشة انبوب أشعة الكاثود

اما انابيب الصورة (انابيب اشعة الكاثود المستخدمة لاعادة تركيب الصورة) الشائعة فى الوقت الحاضر ، فهى تعمل عادة بطريقة التركيز الالكتروستاتى والانحراف المغنطيسى (المغنطيسى الكهربائى) . اذ انها اكثر ملاءمة للحصول على زوايا الانحراف الكبيرة ، التى تلزم لكى تكون اجهزة التلفزيون اصغر حجما واكبر شاشة .

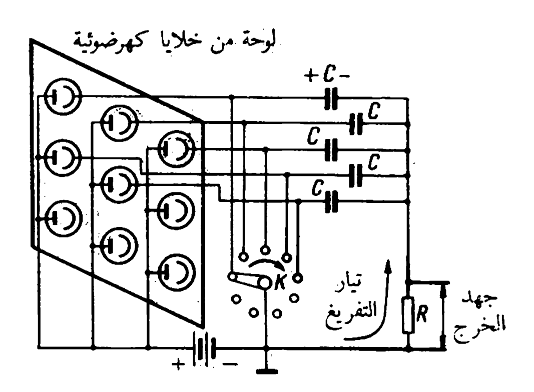
٢ ــ مبدأ تخزين الضوء : رغم ان النتائج التى حصل عليها روزينج باستخدامه لانابيب اشعة الكاثود من اجل استقبال الصور التلفزيونية كانت ايجابية جدا ، فان استخدام هذه الانابيب لارسال الصور التلفزيونية (مما يجعل عملية التلفزة الكترونية بكاملها) قد اصبح ممكنا بعد ان اكتشف الاميركى جنكنس فى عام ١٩٢٧ فكرة استخدام مبدأ تخزين الضوء ، من اجل الارسال التلفزيونى جنبا الى جنب مع مبدأ مسح الصورة . ويمكن ان نوضح مبدأ تخزين الضوء بواسطة الشكل ٢ ــ ٦ .

وعندما تتعرض الخلية الكهرضوئية لتدفق ضيائى يبتعث كاثودها الكترونات يجتذبها الانود ويتكون بنتيجة ذلك تيار يمر من خلال المقاومة R ويشحن المكثف C . ويستمر شحن المكثف الى ان تصبح فلطية المكثف مساوية



الشكل ٢ – ٦ . دائرة توضح مبدأ تخزين الضوء (الشحنات)

لفلطية البطارية ، فتصبح الفلطية على الخلية الكهرضوئية مساوية للصفر ينقطع بنتيجة ذلك تيار الخلية (التيار الكهرضوئى) . واذا قل التدفق الضيائى ، فان التيار الكهرضوئى يقل ، وتقل سرعة شحن المكثف . وعندما نجعل المفتاح S فى حالة الوصل ، يبدأ المكثف بتفريغ شحنته من خلال المقاومة R . فاذا كانت المقاومة R اصغر بكثير من المقاومة الداخلية للخلية الكهرضوئية (وهذه عادة كبيرة جدا ، اى ان تيار الخلية الكهرضوئية لا يتغير كثيرا بتغير فلطيتها) ، فان تفريغ المكثف يجرى بسرعة اكبر بكثير من سرعة شحنه . وبما ان كمية الالكترونات التى يفرغها المكثف هى نفس كمية الالكترونات التى كان قد شحن بها ، فلذلك تكون نسبة تيار التفريغ الى تيار الشحن مساوية لنسبة فترة الشحن الى فترة التفريغ . وهذا يعنى ان تيار التفريغ اكبر بكثير من تيار الشحن لان فترة التفريغ اقل بكثير من فترة الشحن .



الشكل ٢ – ٧ . طريقة جنكنس للارسال التلفزيونى

واقترح جنكنس ان يتم الارسال التلفزيونى، كما فى الشكل ٢ — ٧ ، باستخدام لوحة ركب عليها العدد اللازم من الخلايا الكهرضوئية المناظرة لعناصر الصورة ، على ان يوصل بكل خلية مكثف C ، وتجرى عملية « المسح » بواسطة مبدل ميكانيكى S . وهكذا ، اذا اسقطت صورة الشئ المراد تلفزته على لوحة الخلايا الكهرضوئية، فان تيارات هذه الخلايا تشحن المكثفات الموصلة بها بسرعات مختلفة باختلاف تلك التيارات . ويجرى شحن المكثفات ، الموصلة بالخلايا التى تسقط عليها الاماكن النيرة (الفاتحة) من الشئ المتلفز ، بسرعة اكبر من سرعة شحن المكثفات الموصلة بالخلايا « المعتمة » . وخلال فترة معينة نجد ان الشحنات التى تتراكم فى المكثفات تختلف باختلاف استضاءة الخلايا الكهرضوئية الموصلة بتلك المكثفات . وهذا يعنى ان الصورة الضوئية للشئ المتلفز تتحول الى صورة له على شكل شحنات كهربائية مختزنة فى المكثفات . وعندما يدور ذراع المبدل S تمر عبر المقاومة R نبضات تيار ، تنتج عن تفريغ المكثفات على التعاقب . وبما ان هذه النبضات تتحدد بالشحنات المختزنة ، التى تتناسب مع استضاءات الاماكن المناظرة من الصورة ، فان الفلطية المتكونة على المقاومة R تتحدد فى كل لحظة باستضاءة عنصر الصورة الذى يجرى ارساله فى تلك اللحظة . وهكذا تنتج على المقاومة اشارة الصورة .

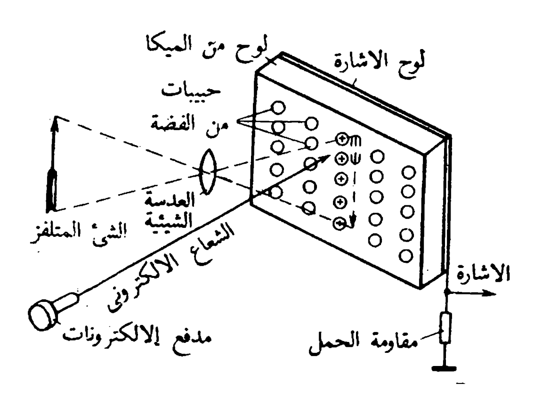
ويجرى شحن المكثفات خلال فترات متساوية ، اذ ان عملية شحن كل مكثف تجرى فى الفترة المحصورة بين لحظتين متعاقبتين من لحظات توصيل ذراع المبدل S الى ذلك المكثف . فاذا كان ذراع المبدل يدور n دورة فى الثانية (مثلا ٢٥ دورة فى الثانية) ، فان الفترة التى يجرى خلالها شحن كل مكثف تساوى فترة دورة من دورات الذراع ،اى $\frac{1}{n}$ من الثانية . اما فترة التفريغ فهى اقل من فترة دوران المبدل بعدد من المرات مساو لعدد المكثفات N (لان المبدل يفرغ جميع المكثفات خلال دورة واحدة) ، اى اقل من فترة الشحن (المساوية $\frac{1}{n}$ من الثانية) بـ N مرة ، وبالتالى فان تيار الاشارة (الذى يمر فى المقاومة R) يكون اكبر من تيار الخلية الكهرضوئية (تيار الشحن) بنسبة تساوى نظريا عدد عناصر الصورة N . ويجب ان

يكون الثابت الزمنى RC صغيرا ، بحيث يتمكن كل مكثف من تفريغ شحنته خلال الفترة التى تقل بـ N مرة عن فترة دورة واحدة من دوران المبدل .

ولم تتحقق طريقة جنكنس عمليا لاعتمادها على المبدل الميكانيكى ، ولكن مبدأ تخزين الضوء * وجد تطبيقا واسع النطاق فى ابتكار انابيب التصوير التلفزيونى (انابيب الشعاع الالكترونى المستخدمة للارسال التلفزيونى) .

٣ — مبدأ عمل الايكونوسكوب : كان اول انبوب من انابيب التصوير التلفزيونى ، التى تحقق فيها عمليا مبدأ تخزين الضوء ، الانبوب المسمى بالايكونوسكوب . وقد ابتكر هذا الانبوب فى عام ١٩٣١ العالم السوفييتى كاتايف ، كما ابتكره بصورة مستقلة عنه العالم زفوريكن (فى الولايات المتحدة) .

ويتألف الايكونوسكوب اساسا (الشكل ٢ — ٨) من :



الشكل ٢ — ٨ . رسم مبسط لتركيب الايكونوسكوب

---

* يسمى هذا المبدأ بمبدأ تخزين الضوء، لانه يسمح بالاستفادة من التدفق الضيائى الذى يكون خيال الشئ المتلفز استفادة كاملة ، اذ ان التدفق الضيائى يؤثر على كل خلية كهرضوئية طول الوقت ويختزن فى المكثف المتصل به بشكل شحنة كهربائية يستفاد منها بكاملها (نظريا) فى لحظة مسح (تفريغ) هذا المكثف ، بينما فى طريقة قرص نيبكو مثلا يستفاد من التدفق الضيائى لكل عنصر فى لحظة مسحه فقط .

١ – لوح من الميكا ، مغطى من احد جانبيه بعدد كبير جدا (عشرات الملايين) من حبيبات صغيرة جدا من الفضة ، ومغطى من الجانب الآخر بطبقة معدنية موصلة .

٢ – مدفع الالكترونات ، الذى يولد حزمة الكترونية دقيقة

٣ – غلاف زجاجي ، ذى شكل خاص ، تركب فى داخله العناصر التى يتألف منها الايكونوسكوب . ويسمى لوح الميكا المغطى بحبيبات الفضة بلوح الموزاييك (لانه يشبه الموزاييك أو الفسيفساء) بينما تسمى الطبقة المعدنية التى تغطيه من الجانب الآخر بلوح الاشارة (لان اشارة الصورة تسحب من هذه الطبقة) .

وتغطى حبيبات الفضة بمعدن السيزيوم لتصبح عالية الحساسية للضوء . وتؤدى كل حبيبة دور كاثود ضوئى ميكروسكوبى (اى صغير جدا)، كما تشكل كل حبيبة مع لوح الاشارة مكثفا ميكروسكوبيا (يلعب دور مكثف التخزين لتحقيق مبدأ تخزين الضوء) .

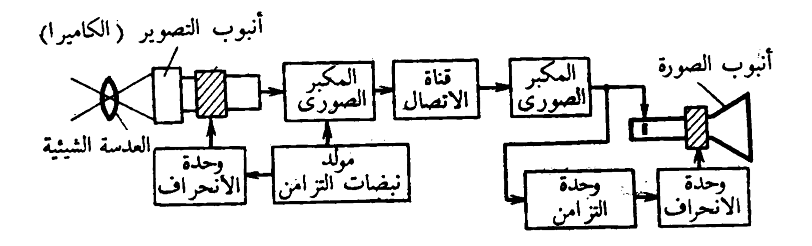
وعندما تسقط صورة الشئ المتلفز (بواسطة عدسة) على سطح الموزاييك، تبتعث حبيبات الموزاييك بتأثير الضوء كميات من الالكترونات تختلف باختلاف استضائة تلك الحبيبات . وهكذا ، فان الحبيبات الضعيفة الاستضاءة تفقد قليلا من الالكترونات فتكتسب شحنة قليلة ، بينما تفقد الحبيبات المضاءة بشدة كثيرا من الالكترونات وتكتسب شحنة كبيرة ، بحيث يكون توزع الشحنات على سطح الموزاييك مشابها لتوزع الظل والنور فى المنظر المتلفز . وبعبارة اخرى : تتحول الصورة البصرية المسقطة على لوح الموزاييك (اى صورة المنظر المتلفز) الى صورة شحنات (او جهود) كهربائية . ولارسال صورة الشحنات ، يفرغ كل مكثف ميكروسكوبى (كل حبيبة) ، ثم ترسل النبضات الكهربائية التى تنتج عن تفريغ المكثفات الميكروسكوبية ، الواحد بعد الآخر على التعاقب . وتتم هذه العملية ، اى عملية المسح الكهربائى لصورة الشحنات بواسطة شعاع الكترونى ، يتعرض لانحراف دورى تؤمنه ملفات الانحراف ، اذا مررت فيها تيارات سن المنشار . ويجب ان يكون تردد تيار الانحراف الرأسى اقل بكثير (بمئات المرات) من تردد تيار الانحراف

الافقي . وبنتيجة ذلك يتحرك الشعاع الالكتروني حركة منتظمة من اليسار الى اليمين ، ويتحرك في نفس الوقت من الاعلى الى الاسفل بسرعة اقل بكثير (بمئات المرات ايضا) . وعندما يصل الشعاع الى الطرف الايمن من لوح الموزاييك ، يرتد بسرعة الى الطرف الايسر ليبدأ من جديد بالحركة نحو اليمين . وفي كل مرة يبدأ حركته نحو اليمين من مكان اكثر انخفاضا نسبب الانحراف الرأسي . وعندما يصل الشعاع الى الطرف الاسفل للوح الموزاييك يرتد بسرعة الى زاويته العليا اليسرى ليبدأ بعملية المسح من جديد . وهكذا « يرسم » الشعاع على لوح الموزاييك هيكلا خطيا مشابها للهيكل الخطي الذي يرسمه الشعاع في انبوب الصورة (الشكل ٢ ــ ٥) ، الا ان الهيكل الخطي في الايكونوسكوب غير مرئي .

وعندما تسقط الحزمة الالكترونية على حبيبة من حبيبات الموزاييك ، تتكون في هذه اللحظة دائرة كهربائية متألفة من المكثف الميكروسكوبي الذي تكونه تلك الحبيبة ، ومقاومة الحمل والشعاع الالكتروني نفسه (وهكذا يقوم الشعاع الالكتروني تقريبا بنفس عمل المبدل الميكانيكي في الشكل ٢ ــ ٧) ، فيفرغ ذلك المكثف الشحنة التي اختزنها، قبل مجئ الشعاع الالكتروني اليه ، من خلال مقاومة الحمل . وبنتيجة مرور « رأس » الشعاع على حبيبات الموزاييك ، الواحدة بعد الاخرى على التعاقب ، تمر بمقاومة الحمل نبضات تيارات التفريغ المتعاقبة ، فتتكون على مقاومة الحمل فلطية اشارة الصورة (الاشارة الصورية) .

٤ ــ مراحل الارسال التلفزيوني : يبين الشكل ٢ ــ ٩ رسما لمراحل منظومة التلفزيون الالكترونية العصرية . وكما مبين في هذا الشكل ، تسلط الاشارة الصورية التي يولدها انبوب التصوير التلفزيوني (انبوب الكاميرا التلفزيونية) على المكبر الصوري (مكبر اشارة الصورة) ثم ترسل بواسطة قناة الاتصال الى جهاز الاستقبال ، حيث تكبر ثم تسلط على الكترود التحكم في انبوب الصورة (ويسمى هذا الانبوب ايضا بالكاينسكوب) .

وينبغي ان تكون حركة الشعاع الالكتروني في انبوب الصورة متزامنة (اي بنفس السرعة وبنفس الطور) مع حركة الشعاع في انبوب التصوير ، اي



الشكل ٢ – ٩ . رسم تخطيطى لمراحل الارسال والاستقبال التلفزيونى

اذا كانت الاشارة التى يولدها انبوب التصوير هى مثلا الاشارة الناتجة عن مسح بداية خط المسح العاشر ، فان الشعاع فى انبوب الصورة يجب ان يرسم فى نفس اللحظة بداية الخط العاشر ايضا . وبدون تحقيق مثل هذا التوافق بين حركة الشعاع فى انبوب الصورة وحركة الشعاع فى انبوب التصوير لا يمكن ان نجعل كل نقطة على شاشة جهاز الاستقبال مناظرة من حيث النصوع لاستضاءة النقطة المناظرة على اللوح الحساس للضوء فى انبوب التصوير ، اى لا يمكن ان يعاد انتاج الصورة المرسلة على شاشة جهاز الاستقبال .

ولكى يتم التزامن ترسل مع اشارة الصورة بواسطة قناة الاتصال نبضات خاصة تسمى نبضات التزامن ، وهى تتألف من نبضات مزامنة المسح الافقى ونبضات مزامنة المسح الرأسى . وتتولد نبضات التزامن فى جهاز خاص يسمى مولد التزامن . ويتحكم هذا الجهاز فى عمل وحدة الانحراف فى الطرف المرسل ويتحكم فى نفس الوقت ، بواسطة نبضات التزامن ، فى عمل وحدة الانحراف فى جهاز الاستقبال ، وهكذا يتحقق التزامن . ولكى ترسل اشارة (نبضات) التزامن مع اشارة الصورة بقناة اتصال واحدة ، تمزج هاتان الاشارتان فى المكبر الصورى (فى الطرف المرسل) ، وتتكون بنتيجة مزجهما الاشارة المسماة باشارة الصورة المؤلفة (المركبة) . ولكى لا يحصل تداخل بين نبضات التزامن واشارة الصورة ، ترسل تلك النبضات خلال فترات ارتداد شعاع المسح التى لا ترسل خلالها اشارة الصورة .

ويتم فصل نبضات التزامن عن اشارة الصورة المؤلفة فى جهاز الاستقبال بواسطة وحدة التزامن التى تسلط عليها الاشارة المؤلفة بعد تكبيرها . وتسلط

نبضات التزامن بعد فصلها على وحدة انحراف شعاع انبوب الصورة فيتحقق التزامن .

هذا ، وان منظومات التلفزة الالكترونية قد تعمل احيانا بدون انابيب تخزين الضوء ، اذ انها تستخدم ايضا على نطاق واسع طريقة النقطة الطائرة .

وتتلخص هذه الطريقة فى ان شعاعا ضوئيا دقيقا (نقطة مضيئة ساطعة جدا يولدها انبوب من انابيب اشعة الكاثود الخاصة بذلك) يسلط على الشئ المتلفز فتظهر على هذا الشئ نقطة ضوئية ، يجرى تحريكها (الكترونيا) لتمر على تفاصيل ذلك الشئ عنصرا عنصرا على التعاقب (وتسمى النقطة الضوئية التى تقوم بعملية المسح هذه ، بالنقطة الطائرة) . وتركز الحزمة الضوئية المنعكسة عن الشئ المتلفز ، أو النافذة من خلاله اذا كان شبه شفاف كما فى حالة الفلم السينمائى مثلا ، على خلية كهرضوئية او صمام ضوئى مضاعف (وهذا الصمام هو عبارة عن خلية كهرضوئية يوجد فى داخل غلافها الزجاجى مكبر يضاعف الالكترونات بطريقة الابتعاث الثانوى) ، ثم تسلط الاشارة الكهربائية الناتجة على مكبر يعمل بالصمامات الالكترونية ، لترسل فيما بعد لاسلكيا .

وتتميز منظومات النقطة الطائرة ببساطتها ، ولكن استخدامها محدود النطاق ، اذ انها تصلح فقط لارسال الاشياء المستوية نوعا ما . اما منظومات تخزين الضوء ، فهى اكثر حساسية للضوء ويمكن استخدامها من اجل اى ارسال تلفزيونى مهما كان ، غير ان انابيب التصوير التى تستخدم هذه المنظومات معقدة جدا وباهظة الثمن .

الفصل الثالث

الابتعاث الكهرضوئى والموصلية الكهرضوئية وتكبير التيارات الكهرضوئية

البند ٣ـ١ الابتعاث الكهرضوئى

عند تعرض بعض المواد الصلبة لتأثير الضوء ، تتحرر الالكترونات المرتبطة بذرات تلك المواد ارتباطا ضعيفا . وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الكهرضوئى . واذا كانت الالكترونات المتحررة قادرة على الخروج من المادة ، فان التأثير الكهرضوئى يسمى فى هذه الحالة بالابتعاث الكهرضوئى . اما اذا بقيت الالكترونات المتحررة داخل المادة ، لتؤدى دور الكترونات طليقة تشارك فى التوصيل الكهربائى ، فان التأثير الكهرضوئى يسمى فى هذه الحالة بظاهرة الموصلية الكهرضوئية .

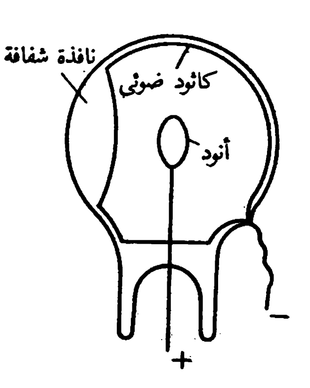
ويحدث الابتعاث الكهرضوئى من مادة معينة ، اذا كانت بعض الكتروناتها مرتبطة بذراتها ارتباطا ضعيفا جدا (كما هو الحال بالنسبة لالكترونات الطبقات الالكترونية الخارجية فى ذرات المعادن القلوية) ، لدرجة انه بامكان هذه الالكترونات ان تخرج الى الفراغ الخارجى ، عندما يكتسب كل منها طاقة فوتون من فوتونات الضوء . وتتميز كل مادة بمقدار معين للطاقة اللازمة لخروج الكترون واحد منها . ولكى تكون المادة قادرة على الابتعاث الكهرضوئى ، يجب ان تكون طاقة فوتون الضوء اكبر من الطاقة اللازمة لخروج الالكترون من هذه المادة . وتتحدد السرعة الابتدائية للالكترون ، او طاقته الحركية عند خروجه من المادة بالفرق بين طاقة الفوتون وطاقة الخروج من المادة . واذا كانت طاقة الخروج من المادة هى مقدار مميز لهذه المادة ، فان طاقة الفوتون تتحدد بتردد الاشعاع الضوئى او طول موجته وهى تساوى hf ، حيث f هو التردد ، اما h فهو ثابت بلانك ($h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ joul · sec) . وهكذا ، فان طاقة الفوتون تتناسب طرديا مع تردد الاشعاع الضوئى f ،

أى تتناسب عكسيا مع طول الموجة λ (اذ ان $\lambda = \frac{c}{f}$ ، حيث c هى سرعة الضوء) .

وتجدر الاشارة الى ان جزءا صغيرا فقط من فوتونات الضوء قادر على تحرير الالكترونات من المادة ، حتى اذا كانت طاقة الفوتون اكبر من طاقة الخروج ، المميزة لهذه المادة . ومن اسباب ذلك ان الفوتونات يمكن ان تنفذ الى اعماق كبيرة (تقدر بمسافة تشغلها مئات الذرات) ، بحيث ان الالكترونات التى تكتسب طاقة تلك الفوتونات فى هذه الاعماق سوف تفقدها اثناء الاصطدام مع الذرات والالكترونات الاخرى ، فلن يكن باستطاعتها ان تغادر المادة . وذلك يدل على ان حساسية المادة للضوء لا تتحدد فقط بطاقة الفوتون ، بل تتوقف ايضا على شفافية هذه المادة للضوء ، وخواصها الاخرى (علما ان هذه الشفافية ايضا تختلف باختلاف تردد الاشعاع الضوئى) .

كما وان عملية الابتعاث الكهرضوئى من مادة معينة لا يمكن ان تستمر ، اذا لم تبعد عنها الالكترونات التى سبق ان انبعثت منها ، وذلك لان الالكترونات التى تخرج من المادة ، ولا تبتعد عنها ، تتجمع عند سطح هذه المادة وتكون شحنة فراغ سالبة تمنع خروج الكترونات جديدة من المادة . ولذلك يستخدم المجال الكهربائى فى الخلية الكهرضوئية من اجل ابعاد الالكترونات المنبعثة من المادة الحساسة للضوء .

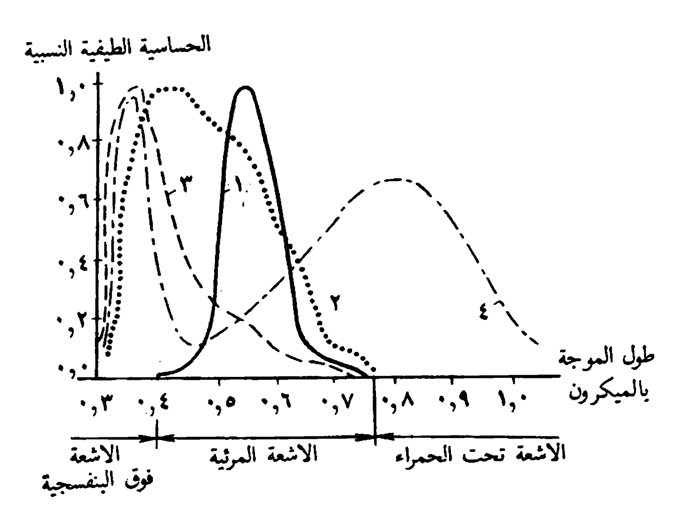
والخلية الكهرضوئية (الشكل ٣ — ١) هى عبارة عن غلاف زجاجى مفرغ من الهواء ويحتوى على الكترودين ، احدهما حساس للضوء ويسمى الكاثود الضوئى ، اما الآخر ، فهو الانود الذى يسلط عليه جهد موجب بالنسبة الى الكاثود ، لكى يجمع الالكترونات المتحررة من الكاثود بتأثير الضوء . ويصنع الكاثود الضوئى عادة من المعادن القلوية (السيزيوم والكلسيوم والصوديوم)



الشكل ٣ — ١ . خلية كهرضوئية

بعد معالجتها بطريقة خاصة ، لتصبح شديدة الحساسية للضوء . وغالبا ما يكون الكاثود بشكل طبقة رقيقة ، تغطى الجدار الداخلى للغلاف الزجاجى ، ما عدا جزء صغير منه ، يجب ان يبقى شفافا ليسقط من خلاله الضوء على الكاثود . اما الانود فهو قد يكون بشكل قرص صغير ، مثبت فى مركز الغلاف الزجاجى (كما فى الشكل ٣ — ١) . وتعود الحاجة الى تفريغ الغلاف من الهواء لسببين ، اولهما هو ان جزيئات الهواء يمكن ان تعرقل حركة الالكترونات التى يجب ان تتجه من الكاثود الى الأنود ، وثانيهما هو ان جزيئات الهواء يمكن ان تؤكسد المعادن التى يصنع منها الكاثود الضوئى ، اذ انها فعالة جدا كيميائيا .

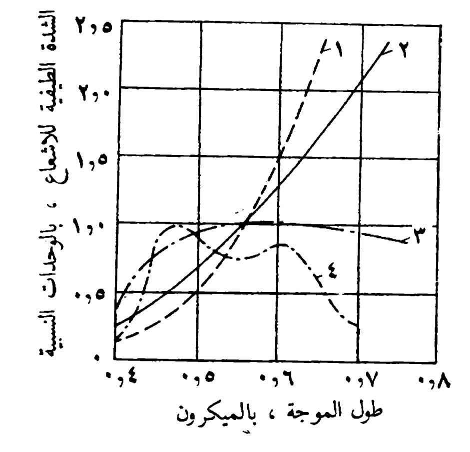
ويتحدد التيار الكهربائى الذى تمرره الخلية الكهرضوئية عند تعرضها للضوء (وهو يتجه افتراضيا من الانود الى الكاثود بعكس اتجاه حركة الالكترونات) بمقدار التدفق الضيائى وفرق الجهد بين الانود والكاثود . واذا كانت الفلطية المسلطة على الخلية كافية لاجتذاب كل الالكترونات المنبعثة



الشكل ٣ — ٢ . المنحنيات الطيفية للانواع الاساسية للكاثودات الضوئية المستخدمة فى انابيب التصوير التلفزيونى ، ومنحنى الحساسية الطيفية للعين : ١ — عين الانسان ؛ ٢ — كاثود ضوئى من البزموث والسيزيوم ؛ ٣ — كاثود ضوئى من الانتيمون والسيزيوم ؛ ٤ — كاثود ضوئى من اكسيد السيزيوم .

من الكاثود ، فان شدة التيار تتناسب تناسبا طرديا مع التدفق الضيائى وتتغير بتغيره ، بدون اى قصور (تخلف) عمليا ، اى تتغير مع التدفق آنيا . واذا كانت شدة الاستضاءة عالية جدا ، وكانت الفلطية المسلطة على الخلية غير كافية لاجتذاب الالكترونات كلها نحو الانود ، فان علاقة التناسب بين شدة التيار والتدفق تختل بسبب ظهور شحنة فراغ امام الكاثود الضوئى او بسبب « انهاك » هذا الكاثود .

اما الكاثودات الضوئية المستخدمة فى انابيب التصوير التلفزيونى ، فهى كاثودات معقدة ، تتميز بحساسيتها العالية للضوء . وهى قد تكون مصمتة او شبه شفافة او فسيفسائية حسب نوع الانبوب . والكاثود المصمت هو عبارة عن شريحة ثخينة نسبيا (ذات سطح متصل) ، تبتعث الالكترونات الى نفس الجهة التى يسقط منها الضوء . اما الكاثود شبه الشفاف ، فهو رقيق جدا ويطلق الالكترونات الى جهة مخالفة للجهة التى يضاء منها. ويتميز الكاثود الفسيفسائى (الذى يشبه الفسيفساء او الموزاييك) ، بأنه عبارة عن لوح رقيق من مادة عازلة (عادة من الميكا او الزجاج) ، مغطى بحبيبات دقيقة من الفضة ، غير موصلة ببعضها ، ومعالجة بطريقة خاصة لتؤدى كل منها دور كاثود ضوئى صغير جدا .



الشكل ٣ – ٣. منحنيات التوزع الطيفى لطاقة اشعاع مختلف مصادر الضوء : ١ – مصباح تنجستين مفرغ من الغازات ؛ ٢ – مصباح تنجستين مملوء بغاز ؛ ٣ – ضوء مشتت من قبة السماء ؛ ٤ – مصباح فلورى .

ومن الواضح ان الكاثودات الضوئية المصمتة اكثر حساسية للضوء من الكاثودات شبه الشفافة والفسيفسائية . وتختلف حساسية الكاثودات الضوئية ، ليس باختلاف مادتها وشكلها فحسب ، بل ايضا باختلاف طيف الضوء .

وتقيم حساسية الكاثود الضوئى للضوء بنسبة التيار الكهرضوئى الى

التدفق الضيائى . وهى تقاس عادة بالنسبة الى اشعاع ضوئى ذى طيف معين ، وهو اشعاع مصباح قياسى من مصابيح التنجستين (المصباح الذى درجة حرارة فتيلته تساوى ۲۷۷۰ درجة مطلقة) . واذا عرفنا حساسية كاثود ضوئى معين بالنسبة الى ذلك الاشعاع القياسى ، فيمكن معرفة حساسيته بالنسبة الى اى اشعاع ضوئى بواسطة منحنى الحساسية النسبية لذلك الكاثود (وهو كما فى الشكل ٣ ــ ٢) وبمعرفة طيف الاشعاع الضوئى (انظر الشكل ٣ ــ ٣) .

وتبلغ حساسية الكاثودات الضوئية المصمتة المصنوعة من اكسيد السيزيوم (بالنسبة الى اشعاع التنجستين القياسى) حوالى ٣٠ ــ ٧٠ ميكروامبير لكل لومن ، اما اذا كانت هذه الكاثودات مصنوعة من الزرنيخ والسيزيوم ، فان حساسيتها تبلغ ٥٠ ــ ١٤٠ ميكروامبير لكل لومن .

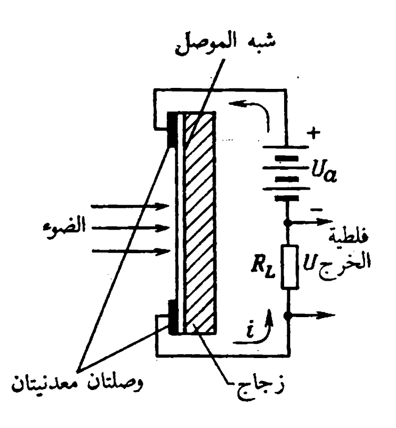
واذا كانت الكاثودات الضوئية شبه شفافة ، فان حساسيتها تكون اقل من حساسية الكاثودات المصمتة بحوالى مرتين او ثلاث ، اما اذا كانت فسيفسائية ، فان حساسيتها تكون اقل بأكثر من عشر مرات .

البند ٣ ــ ٢ الموصلية الكهرضوئية

تتلخص ظاهرة الموصلية الكهرضوئية فى انخفاض مقاومة المادة شبه الموصلة بتأثير الضوء . وهى تفسر بان الكترونات شبه الموصل مرتبطة بذراتها ارتباطا ضعيفا (بالمقارنة مع ارتباط الكترونات المواد العازلة بذراتها) ، بحيث يكون بامكان الضوء (او عوامل اخرى) ان يحرر تلك الالكترونات ، ولو انها تبقى داخل المادة . وبما ان الالكترونات الطليقة الموجودة فى داخل مادة معينة هى التى تحدد موصلية هذه المادة ، فلذلك يؤدى تأثير الضوء الى زيادة موصلية شبه الموصل بسهولة نسبيا .

ويستفاد من الموصلية الضوئية للحصول على تيار متناسب مع التدفق الضيائى بواسطة الدائرة المبينة فى الشكل ٣ ــ ٤ ، حيث تستخدم مقاومة ذات موصلية ضوئية تتغير مع تغير التدفق الضيائى ، فيتغير التيار المار عبرها ايضا .

ويمكن ان تؤمن المقاومة الضوئية حساسية للضوء ، اعلى بكثير من حساسية الخلية الكهرضوئية التى تعتمد على الابتعاث الكهرضوئى . ويعود ذلك الى ان عدد الالكترونات التى يحررها الضوء فى شبه موصل اكبر بكثير من عدد الالكترونات التى يحررها نفس الضوء من الكاثود الضوئى . فكل فوتون تقريبا قادر على تحرير الكترون واحد من شبه الموصل (بينما هناك نسبة كبيرة من فوتونات الضوء لا تستطيع ان تنتزع الالكترونات من داخل الكاثود الضوئى) ، وكل الكترون بعد تحرره فى شبه الموصل يمكن ان يتسارع بتأثير الفلطية المسلطة ثم يحرر بدوره عدة الكترونات جديدة (الكترونات ثانوية) . وعلى سبيل المثال ، تبلغ حساسية بعض المقاومات الضوئية المصنوعة من كبريتيد الثاليوم حوالى ٢,٥ امبير لكل لومن .



الشكل ٣ – ٤ . دائرة توصيل المقاومة الضوئية

غير ان المقاومات الضوئية تتميز بعيب حال دون استخدامها وقتا طويلا ، وهو ان التيار الذى يمر من خلال المقاومة الضوئية لا يستطيع ان يتغيز آنيا (بسرعة كبيرة) مع تغير التدفق الضيائى ، اى ان الموصلية الضوئية تتصف بنوع من القصور الذاتى ، وذلك ينتج عن ان عملية تحرير الالكترونات الثانوية فى المواد ذات الموصلية الضوئية تستمر وقتا معينا بعد لحظة تأثير الضوء . وتسمى هذه الظاهرة بالتخلف او المداومة .

ولكن السعى الى الاستفادة من الحساسية العالية التى تؤمنها المقاومات الضوئية قد ادى الى ايجاد طرائق امكن بواسطتها تخفيف تأثير التخلف ، مما اتاح المجال لاستخدام الموصلية الضوئية فى انابيب التصوير التلفزيونى .

البند ٣ – ٣ خصائص تكبير التيارات الكهرضوئية

١ – فكرة عامة حول التكبير والتشويشات : ان التيارات الكهرضوئية التى تعطيها اكثر الخلايا الكهرضوئية حساسية هى تيارات صغيرة جدا ، بحيث ان استخدامها عمليا يتطلب تكبيرها مئات آلاف او ملايين المرات . ويتم ذلك بواسطة مكبرات تعمل بالصمامات او الترانزيستورات او مضاعفات الالكترونات . وينبغى ان تتم عملية تكبير التيارات الكهرضوئية او غيرها من الاشارات الضعيفة بدون ان يحصل تداخل بين هذه الاشارات والتشويشات المختلفة ، التى قد يبلغ مستواها مستوى الاشارة المفيدة ، وربما يفوقه .

وهكذا ينبغى تقليص التشويشات التى يمكن ان تتعرض لها دوائر تكبير الاشارة التلفزيونية بحيث تكون نسبة تيار او فلطية الاشارة المرغوب فيها الى مقدار التشويش أو الاشارة غير المرغوب فيها حوالى ٣٠ او اكثر ، والا لن تكون الصورة التلفزيونية جيدة .

وتنشأ التشويشات التى تتعرض لها دوائر التكبير داخل هذه الدوائر وخارجها .

ويمكن ان تتسرب التشويشات التى تنشأ خارج دوائر التكبير نتيجة للحث المتبادل بين دوائر التيار المتردد المتجاورة ، او نتيجة لسوء ترشيح (تنعيم) تموجات تيار التغذية بعد تقويمه، او نتيجة للتأثير الميكروفونى فى الصمامات (تغير الابعاد النسبية بين الكترودات الصمامات بسبب الاهتزازات الميكانيكية المختلفة) ، وغير ذلك . ويمكن ان تظهر هذه التشويشات على الصورة التلفزيونية على هيئة اشكال (نماذج) مميزة لها ، او على هيئة اشرطة معتمة ومضيئة تتعاقب بعد بعضها . وقد تكون هذه الاشكال او الاشرطة ثابتة (اذا كان تردد الاشارة المشوشة من اضعاف تردد المسح) ، ولكنها غالبا ما تتحرك على الصورة بسرعة تختلف باختلاف النسبة بين تردد التشويش وتردد المسح .

ويمكن تقليص التشويشات التى تنشأ خارج دوائر التكبير ، اذا صممت هذه الدوائر تصميما سليما ، واذا اتخذت تدابير احتياطية خاصة بذلك . بحيث تصبح تلك التشويشات غير ملحوظة .

اما التشويشات التى تنشأ داخل دوائر التكبير فهى تنتج عن التأثير الحرارى والتأثير الطلقى فى هذه الدوائر وفى الخلايا الكهرضوئية (او انابيب التصوير التلفزيونى) . ولو أثرت هذه التشويشات على سماعة ، لسمعنا ضجيجا او ضوضاء عشوائية ، ولذلك تسمى هذه التشويشات بالضوضاء . واذا شاهدنا هذه التشويشات على شاشة تلفزيون ، يمكن ان نراها كالثلج المتساقط .

وتنشأ الضوضاء الحرارية (التشويشات الناجمة عن التأثير الحرارى) فى موصلات ومقاومات دوائر التكبير نتيجة للحركة الحرارية (العشوائية) التى تؤديها الالكترونات باستمرار فى اية مادة . وتمثل هذه الحركة العشوائية تيارا عشوائيا يغير قيمته واتجاهه باستمرار ، وتولد بين طرفى الموصل او المقاومة فلطية متغيرة (ضوضائية) تتحدد قيمتها بالعلاقة :

$$U_N = \sqrt{4\,kTR\,\Delta f} \qquad (3.1)$$

حيث k هو ثابت بولتسمان ($k = 1.37 \cdot 10^{-23}$ joule/°K) ،

و T هى درجة الحرارة المطلقة وتساوى عادة حوالى ٣٠٠ درجة كلفن ($°K$)،

و R هى المقاومة بالاومات (Ω) ،

و Δf هو نطاق ترددات دائرة التكبير ، وهو ينبغى ان يكون مساويا لعرض طيف الاشارة او اكبر منه قليلا ، وهو فى الارسال التلفزيونى حوالى ٦ ملايين هرتز (او دور فى الثانية) .

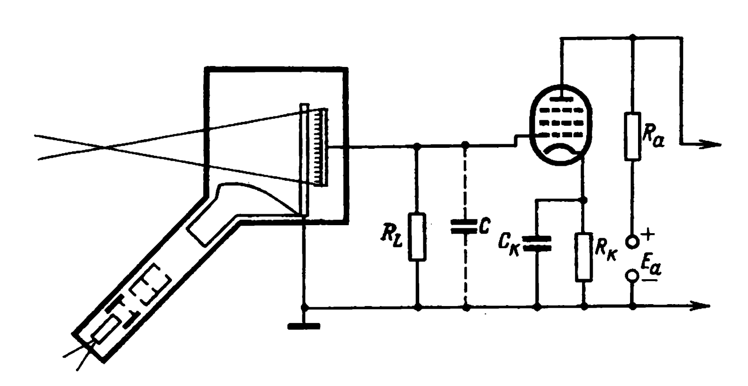
اما الضوضاء الطلقية (التشويشات الناتجة عن الظاهرة الطلقية) ، فهى تنشأ نتيجة لأن سيل الالكترونات فى الخلية الكهرضوئية او انبوب التصوير او صمام التكبير هو عبارة عن سيل لجسيمات (تنبعث كالطلقات) ، يتغير عددها وسرعتها من لحظة الى اخرى تغيرا عشوائيا مستمرا ، رغم ان التيار الوسطى يظل ثابتا (خلال فترة قصيرة من الزمن) ، وهكذا يكون سيل الالكترونات

مؤلفا من مركبتين : تيار وسطى ، يحدد تيار الاشارة i_s ومركبة عشوائية (ضوضائية) يتحدد مقدارها بالعلاقة :

$$i_N = \sqrt{2\, i_s e\, \Delta f} \qquad (3.2)$$

حيث e هى شحنة الالكترون وتساوى بالكولون $1.601 \cdot 10^{-19}$ ؛
Δf — نطاق الترددات ، بالهرتز .

٢ — ضوضاء المكبر الصمامى : لكى تكبر التيارات الكهرضوئية بواسطة مكبر صمامى ، ينبغى اولا تحويل هذه التيارات الى فلطيات متناسبة معها . ولذلك يمرر تيار الخلية الكهرضوئية او انبوب التصوير بمقاومة تسمى مقاومة الحمل R_L ، ثم يسلط الجهد المتكون على هذه المقاومة على مدخل المكبر (الشكل ٣ — ٥) .



الشكل ٣ — ٥ . دائرة المرحلة الاولى لتكبير اشارة الصورة

ويتضمن هذا الجهد بالاضافة الى جهد الاشارة كلا من الضوضاء الطلقية المتولدة فى الخلية الكهرضوئية او انبوب التصوير والضوضاء الحرارية المتولدة فى المقاومة R_L . ويقوم الصمام بتكبير الاشارة والتشويشات العشوائية المرافقة لها ، ويولد هو بنفسه ضوضاء طلقية تضاف الى تلك التشويشات . وبعد تكبير الاشارة بواسطة اول صمام تكبير ، يصبح مستواها عادة كبيرا لدرجة انه يمكن اهمال ضوضاء الصمامات اللاحقة .

ويمكن ان تقلص الضوضاء الحرارية التى تنشأ فى المقاومة R_L لدرجة تسمح باهمال هذه الضوضاء ، اذا جعلنا قيمة المقاومة كبيرة لدرجة كافية ، اذ ان فلطية الاشارة المتكونة على R_L تتناسب مع R_L (لانها تساوى $i_s R_L$) ، بينما تتناسب فلطية الضوضاء الحرارية مع $\sqrt{R_L}$ حسب العلاقة (3.1) ، ولذلك تتناسب نسبة الاشارة الى الضوضاء الحرارية طرديا مع $\sqrt{R_L}$ ، اى ان الضوضاء الحرارية تضعف نسبيا كلما ازدادت R_L . كما يمكن عادة اهمال تأثير ضوضاء الخلية الكهرضوئية او انبوب التصوير لكونها صغيرة عادة بالمقارنة مع الضوضاء التى تنشأ فى صمام التكبير .

وتتحدد الضوضاء التى تنشأ فى الصمام تقريبا حسب العلاقة (3.2) ، اى تتحدد بشدة تيار الانود . ولكن مقدارها يتأثر ايضا بخواص الصمام ودائرة الشبكة ودائرة الانود . ويمكن حساب ضوضاء الصمام ، اذا عرفنا « مقاومة الشبكة الضوضائية المكافئة » التى تعتبر احدى بارامترات الصمام : وهذه المقاومة هى مقاومة وهمية ، لو وصلت بشكبة الصمام « الخالى من الضوضاء » ، فان الضوضاء الحرارية التى تولدها تكون بعد تكبيرها معادلة للضوضاء الطلقية التى يولدها الصمام الحقيقى . وتحدد قيمة المقاومة الضوضائية المكافئة بواسطة قياسات خاصة . وهى تتراوح بين ٥٠ و ٥٠٠ اوم فى حالة الصمامات الثلاثية ، بينما هى فى حدود ٢٠٠ — ٢٠٠٠ أوم في حالة الصمامات الخماسية .

وهكذا ، اذا اخذنا فى الاعتبار ضوضاء صمام التكبير الاول فقط ، يمكن ان نستنتج ان نسبة الاشارة الى الضوضاء فى خرج المكبر تساوى تقريبا :

$$\psi \approx \frac{i_s}{4\pi C \sqrt{\frac{1}{3} kTR_N \Delta f^3}}, \qquad (3.3)$$

حيث R_N هى المقاومة الضوضائية المكافئة ، اما C فهى السعة الطفيلية التى تتألف من سعة مدخل الصمام وسعة توصيلات الدائرة وما الى ذلك ، وهى ذات تأثير كبير لانها موصلة على التوازى مع المقاومة R_L (الشكل ٣ — ٥) ، التى هى كبيرة جدا كما اشرنا سابقا .

ولكى تكون نسبة الاشارة الى الضوضاء Ψ اكبر من حد ادنى Ψ_{min} ، ينبغى الا يقل تيار الاشارة عن حد ادنى i_{min} :

$$i_{s\,\min} = 4\pi C\Psi_{\min}\sqrt{\frac{1}{3}kTR_N\,\Delta f^3}$$

فاذا بدلنا القيم التى نصادفها عمليا فى الارسال التلفزيونى :

$$\Psi_{\min} = 30,\quad \Delta f = 6\cdot 10^6\ \text{Hz},\quad R_N = 500\,\Omega,\quad T = 300\,°\text{K}$$

نجد ان $i_{s\,\min}$ يساوى (بالامبير) $9.1\cdot 10^{-8}$ A .

٣ ـ ضوضاء الترانزيستور : توجد فى الترانزيستور مصادر عديدة للضوضاء تعرقل استخدامه لتكبير الاشارات الضعيفة . وتنشأ الضوضاء فى الترانزيستور اساسا نتيجة للتغيرات العشوائية للتيار فى كل من وصلتى الترانزيستور ، والضوضاء الحرارية فى مادة القاعدة ، والتغيرات العشوائية التى تحدث فى عملية انتشار حوامل الشحنات واعادة اتحادها .

وتقدر ضوضاء الترانزيستور بواسطة ما يسمى رقم الضوضاء ، وهو عبارة عن نسبة القدرة الكلية للضوضاء فى خرج دائرة التكبير الى قدرة ذلك الجزء من الضوضاء الذى ينتج عن مقاومة مصدر الاشارة .

ملاحظة : يقدر رقم الضوضاء احيانا ، كالكسب (نسبة التكبير) والتوهين (التخامد) بوحدة لوغاريتمية تسمى الديسبيل . ويحدد عدد الديسبيلات باللوغاريتم العشرى لنسبة قدرتى الدخل والخرج K_P او نسبة فلطيتى الدخل والخرج K_U ، او نسبة تيارى الدخل والخرج K_I ، حسب العلاقة :

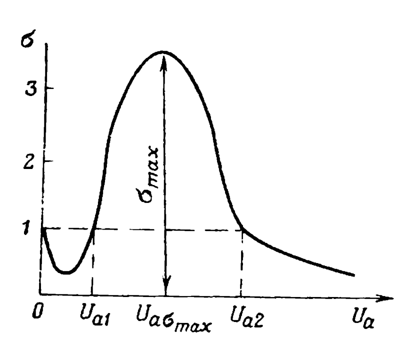
$$N_{db} = 10\lg K_p = 20\lg K_U = 20\lg K_I$$

وتستخدم احيانا وحدة لوغاريتمية اخرى تسمى النبر وهى تساوى ٨,٧ ديسيبيل .

وهكذا ، اذا كان رقم ضوضاء ترانزيستور هو ٢٠ ديسيبيل ، فهذا يعنى انه يولد ضوضاء تزيد قدرتها ١٠٠ مرة (اى تزيد فلطيتها ١٠ مرات) عما هى فى حالة المكبر المثالى (الخالى من الضوضاء) .

البند ٣ ـ ٤ تكبير التيارات الكهرضوئية بواسطة مضاعف الالكترونات

١ ـ الابتعاث الثانوى : يعتمد عمل مضاعف الالكترونات الذى يستخدم فى الصمام الضوئى المضاعف وما الى ذلك على ظاهرة الابتعاث الثانوى ، اى ظاهرة اشعاع بعض المواد للالكترونات عند قذفها بسيل من الالكترونات ، شأنها فى ذلك شأن اشعاع الالكترونات بفضل التسخين (الابتعاث الثرميونى او الحرارى) او بتأثير الضوء (الابتعاث الكهرضوئى).



الشكل ٣ ـ ٦ . العلاقة بين معامل الابتعاث الثانوى وسرعة الالكترونات القاذفة

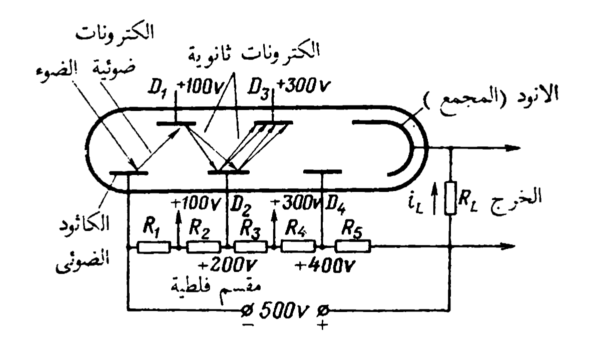
ويحدث الابتعاث الثانوى من مادة ما ، اذا كانت طاقة كل من الالكترونات القاذفة لهذه المادة (الالكترونات الابتدائية او الاولية) كافية لتحرير الكترون واحد او عدد من الالكترونات (الثانوية) واقتلاعها من المادة . ويسمى العدد الوسطى للالكترونات الثانوية التى يحررها الكترون ابتدائى واحد معامل الابتعاث الثانوى (σ). وهو يتوقف على سرعة الالكترونات القاذفة وخواص السطح المقذوف . ويمثل الشكل ٣ ـ ٦ العلاقة بين σ والجهد U_a المسلط على الالكترود (الانود) المعجل للالكترونات الابتدائية . وكما سنبين فى الفصل القادم تتحدد سرعة الالكترونات الابتدائية v بالجهد U_a حسب العلاقة : $v = 600\sqrt{U_a}$ (حيث يعبر عن U_a بالفولطات ، ويعبر عن v بال كم/ثا) . ونلاحظ من الشكل ٣ ـ ٦ انه عندما U_a يساوى الصفر ، اى عندما تكون سرعة الالكترونات الابتدائية صفرا ، فان معامل الابتعاث σ يساوى الواحد . ويفسر هذا بأن الالكترونات الابتدائية التى تسقط على السطح ببطء (بسرعة صفرية) ترتد عنه بتأثير شحنة الفراغ (شحنة الالكترونات المتجمعة عند السطح) . اما اذا كانت سرعة الالكترونات الابتدائية اكبر من الصفر ، ولكن اقل من مقدار معين (يناظر U_{a1}) ، فان σ يصبح

اقل من الواحد ، اذ يصبح بامكان بعض الالكترونات الابتدائية ان تجتاز شحنة الفراغ ، وتسقط على السطح بدون ان « تقتلع » الالكترونات الثانوية من السطح نفسه . واذا كان الجهد المعجل اكبر من U_{a1} ، فان σ يصبح اكبر من الواحد ، لأن سرعة الالكترونات الابتدائية تصبح كبيرة لدرجة انها تصبح قادرة على اقتلاع عدد كبير من الالكترونات الثانوية . واذا كان U_a كبيرا جدا (اكبر من U_{a2}) ، فان سرعة الالكترونات الابتدائية تصبح كبيرة جدا لدرجة انها تنفذ الى اعماق المادة المقذوفة ، بحيث لا تستطيع الالكترونات المتحررة فى تلك الاعماق ان تخرج الى خارج المادة ، فينبعث من المادة عدد قليل من الالكترونات الثانوية ، ولذلك يصبح σ من جديد اقل من الواحد .

ويبلغ معامل الابتعاث الثانوى قيمته العظمى σ_{max} عندما تكون قيمة الجهد المعجل محصورة بين U_{a1} و U_{a2} . وقد تصل قيمة σ_{max} لبعض المواد (مركبات السيزيوم) الى حوالى ٢٠ .

وتتراوح قيمة الجهد U_a المقابلة لـ σ_{max} للمواد المختلفة بين ١٠٠ و ٨٠٠ فولط ، فيما تتراوح قيمة U_{a1} بين عشرات الفولطات و ٢٠٠ فولط ، وتتراوح قيمة U_{a2} بين ٥ و ٨ كيلوفولط .

٢ – تركيب الصمام الضوئى المضاعف : ان الصمام الضوئى المضاعف (الشكل ٣ – ٧) يتألف من كاثود ضوئى وعدة الالكترودات ، يسمى كل



الشكل ٣ – ٧ . رسم تخطيطى لتركيب وتوصيل الصمام الضوئى المضاعف

منها بالدينود (اى انود قادر على الابتعاث الثانوى) . ويسلط على كل دينود جهد موجب) اكبر من الجهد المسلط على الدينود السابق له). ويختار شكل الدينودات ووضعها المتبادل بحيث تسقط الالكترونات المنبعثة من كل دينود على الدينود الذى يليه . وتختار مادة سطح الدينودات ، كما يعالج هذا السطح معالجة خاصة للحصول على اكبر قيمة ممكنة لمعامل الابتعاث الثانوى .

وتتم عملية التكبير فى الصمام الضوئى المضاعف بتعجيل الالكترونات الضوئية (المنبعثة من الكاثود الضوئى) بواسطة فرق الجهد بين الدينود الاول والكاثود الضوئى ، لتصطدم بهذا الدينود وتقتلع منه عددا من الالكترونات الثانوية ، اكبر بـ σ_1 مرة . ويجتذب الدينود الثانى هذه الالكترونات ، بفضل الجهد الاعلى المسلط عليه ، لتصطدم به، ويقتلع كل منها من هذا الدينود عددا مساويا لـ σ_2 من الالكترونات الثانوية الجديدة .

وهكذا فان الدينودات التى تمثل ما يسمى مضاعف الالكترونات تؤمن نسبة تكبير :

$$K = \sigma_1\sigma_2\sigma_3 \ldots \sigma_n ,$$

حيث σ_1 ، σ_2 ، σ_3 ... σ_n هى معاملات الابتعاث الثانوى للدينودات ، اما n فهو عدد الدينودات .

واذا كانت معاملات الابتعاث الثانوى للدينودات متساوية ، ومساوية لـ σ ، فان :

$$K = \sigma^n$$

وهكذا ، اذا كان عدد الدينودات هو عشرة ، وقيمة σ هى خمسة فان نسبة التكبير تساوى 5^{10} ، اى حوالى عشرة ملايين !

ولا يمكن الحصول على اكثر من هذه النسبة عمليا ، لعده اسباب ، ومنها اولا ، اذا كان عدد الدينودات كبيرا ، ينبغى استخدام مصادر تغذية ذات فلطيات عالية جدا ، وهذا غير ملائم عمليا ، ثانيا ، اذا كان عدد الالكترونات كبيرا جدا عند الدينودات الاخيرة ، تتكون شحنات فراغ تلزم

3—2471

لتشتيتها فلطيات عالية، مما يؤدى الى زيادة القدرة المشتتة على الدينودات ، كما ينخفض الابتعاث الثانوى .

كما وان مضاعف الالكترونات قادر على تكبير اشارات اضعف بكثير من الاشارات التى يمكن تكبيرها بواسطة المكبر الصمامى . وتتحدد المركبة العشوائية فى خرج مضاعف الالكترونات بالضوضاء الطلقية فى المضاعف نفسه ، بحيث تكون نسبة الاشارة الى الضوضاء فى خرج الصمام الضوئى المضاعف :

$$\psi = \sqrt{\frac{i_s (\sigma - 1)}{2 e \Delta f \sigma}}.$$

لنحدد الحد الادنى لتيار الاشارة (تيار الالكترونات الضوئية) الذى يمكن تكبيره بواسطة مضاعف الالكترونات ، بحيث تكون نسبة الاشارة الى الضوضاء اكبر من ٣٠ ، فنجد بافتراض $\sigma = 5$ ، وباعتبار :

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ coulomb}, \quad \Delta f = 6 \cdot 10^{-6} \text{ Hz},$$

يكون : $i_{s\,min} = 0.22 \cdot 10^{-8}$ A .

اى ان الحد الادنى للاشارة التى يمكن تكبيرها بواسطة مضاعف الالكترونات اقل ٥٠ مرة من الحد الادنى للاشارة التى يمكن تكبيرها بواسطة المكبر الصمامى اذا كانت نسبة الاشارة الى الضوضاء هى ٣٠ .

ويمتاز مضاعف الالكترونات ايضا بأنه يمكن ان يكبر اشارات عريضة النطاق الترددى ، كما يمتاز بصغر حجمه ووزنه . ولكنه ، كما سبق ان اشرنا ، لا يصلح لتكبير الاشارات القوية . ولذلك يقوم مضاعف الالكترونات بتكبير التيار الكهرضوئى الى مستوى يفوق الحد الادنى الذي يمكن ان يكبره المكبر الصمامى بدون ضوضاء ملحوظة ، على ان تتم عملية التكبير الى المستوى اللازم بواسطة مكبر صمامى يعمل مع ذلك الصمام الضوئى المضاعف .

الفصل الرابع

اسس البصريات الالكترونية

البند ٤ ـ ١ معلوما ت عامة

يعتمد عمل انابيب التصوير وانابيب الصورة التلفزيونية اعتمادا كبيرا على اسس البصريات الالكترونية ، العلم الذى يدرس حركة الجسيمات المشحونة فى المجالين الكهربائى والمغنطيسى .

ويسمى هذا العلم الكترونيا لانه يتعلق بحركة الالكترونات ، ويسمى بالبصريات ، على غرار البصريات الضوئية ، لأن سلوك الحزم الالكترونية فى المجالين الكهربائى والمغنطيسى يشبه الى حد بعيد سلوك الاشعة الضوئية فى الاوساط الشفافة المختلفة .

البند ٤ ـ ٢ حركة الالكترون فى المجال الكهربائى

ان المجال الكهربائى يؤثر على الالكترون الموجود فيه بقوة معاكسة له بالاتجاه وتساوى حاصل ضرب شحنة الالكترون e فى شدة المجال E :

$$F = -eF \qquad (4.1)$$

ويكتسب الالكترون بتأثير هذه القوة تسارعا (عجلة) يمكن تحديده حسب قانون نيوتن :

$$F = am \qquad (4.2)$$

حيث m هى كتلة الالكترون ، بينما a هو التسارع .

وهكذا نجد من العلاقتين (4.1) ، (4.2) :

$$a = -\frac{eE}{m} \qquad (4.3)$$

واذا كان المجال منتظما ، فان التسارع a يكون ثابتا ، اى يتحرك الالكترون حركة مستقيمة منتظمة التسارع . واذا كانت سرعته الابتدائية صفرا ، فان سرعته في اى مكان تتحدد بفرق الجهد U ، انطلاقا من العلاقة التى تحدد الطاقة الحركية :

$$\frac{mv^2}{2} = eU \tag{4.4}$$

وهكذا :

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \tag{4.5}$$

واذا عبرنا عن U بالفولطات ، نجد السرعة v بالامتار فى الثانية حسب العلاقة :

$$v = 5.93 \cdot 10^5 \sqrt{U} \tag{4.6}$$

واذا عبرنا عن السرعة v بالكيلومترات فى الثانية ، نجد تقريبا :

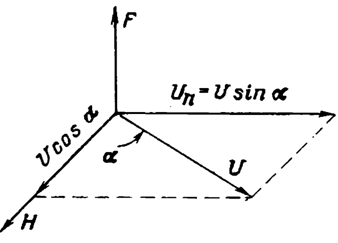
$$v \approx 600 \sqrt{U}$$

وهكذا تتوقف السرعة التى يكتسبها الالكترون فى المجال الكهربائى على فرق الجهد فقط ، ولذلك يمكن التعبير عن السرعة مجازا بالفولطات .

البند ٤ ـ ٣ حركة الالكترون فى مجال مغنطيسى

يؤثر المجال المغنطيسى H على الالكترون الذى يتحرك فيه بسرعة v فى اتجاه يميل عن اتجاه المجال بزاوية α بقوة F عمودية على المستوى الذى يضم المتجهين $\bar{v}$ و $\bar{H}$ (الشكل ٤ ـ ١) ، ويتحدد مقدار القوة بالعلاقة :

$$F = evH \sin \alpha \tag{4.7}$$



الشكل ٤ ـ ١ . القوة المؤثرة على إلكترون يتحرك فى مجال مغنطيسى

وتبين هذه العلاقة ان المجال المغنطيسى لا يؤثر على الالكترون اذا كان غير متحرك ($v = 0$) ، او اذا كان يتحرك فى اتجاه المجال ($\alpha = 0$) ، كما تبين انه اذا

حللنا سرعة الالكترون الى مركبتين ، احداهما عمودية على المجال والاخرى موازية له ، فان المجال يؤثر فقط على المركبة العمودية ($v_n = v \sin \alpha$).

وطالما ان المجال المغنطيسى يؤثر على الالكترون بقوة عمودية دائما على اتجاه حركته ، فان الشغل الذى تبذله هذه القوة يساوى الصفر ، اى ان الطاقة الحركية للالكترون لا تتغير بتأثير المجال المغنطيسي ، فتبقى سرعته ثابتة القيمة وتتغير فقط من حيث الاتجاه (اى ان تأثير المجال المغنطيسى ينحصر فقط فى انحناء مسار الالكترون) .

لنفترض اولا ان الالكترون قد دخل مجالا مغنطيسيا منتظما باتجاه عمودى على المجال ، اى ان سرعته تحتوى فقط على مركبة عمودية على المجال ($v = v_n$) . ففى هذه الحالة يضطر الالكترون ان يتحرك حركة دائرية (ينحنى مساره بتأثير المجال المنتظم) ، ويتحدد نصف قطر خط الدوران r من شرط تساوى القوة العمودية على خط الحركة (القوة الجاذبة الى المركز) ، المساوية ev_nH والقوة الطاردة المركزية $\frac{mv_n^2}{r}$ ، اى :

$$\frac{mv_n^2}{r} = ev_nH,$$

$$r = \frac{mv_n}{eH} \tag{4.8}$$

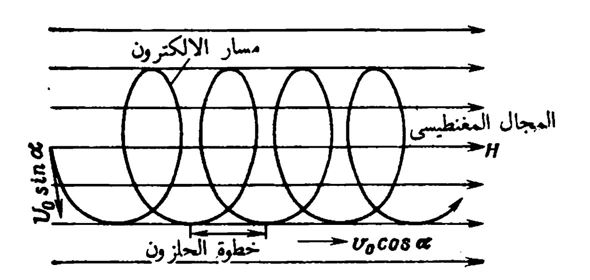
ويدور الالكترون كل دورة ($2\pi r$) خلال فترة مساوية :

$$T = \frac{2\pi r}{v_n} = \frac{2\pi m}{eH} = \frac{\text{const}}{H} \tag{4.9}$$

اى ان فترة دوران الالكترون تتوقف فقط على شدة المجال المغنطيسى ولا تعتمد على السرعة التى يبدأ بها الالكترون حركته فى المجال المغنطيسى . ولقد استفيد من هذه الخاصية فى طريقة التركيز المغنطيسية .

واذا دخل الالكترون المجال المغنطيسى المنتظم باتجاه غير عمودى ، بل بزاوية ما α ، فان سرعته فى هذه الحالة تتألف من مركبة موازية للمجال $v \cos \alpha$ (وهى لا تتفاعل معه كما سبق ان ذكرنا) ومركبة v_n عمودية على المجال ومساوية $v \sin \alpha$. وبفضل هذه المركبة يضطر الالكترون للحركة على خط

دائرى ، تضاف اليها الحركة الناتجة عن المركبة الموازية للمجال $v\cos\alpha$ ، ولذلك يتحرك الالكترون على طريق حلزونى (الشكل ٤ ـ ٢) . وتتحدد خطوة الخط الحلزونى ، اى المسافة s التى يجتازها الالكترون بفضل المركبة



الشكل ٤ ـ ٢ . مسار الكترون دخل المجال المغنطيسى بسرعة ابتدائية v_0 مائلة عن اتجاه المجال بزاوية α

الموازية للمجال المغنطيسى خلال دورة واحدة من الدورات الناتجة عن المركبة العمودية ، حسب العلاقة :

$$s = Tv\cos\alpha = \frac{2\pi mv}{H}\cos\alpha \qquad (4.10)$$

واذا اخذنا فى الاعتبار ان الالكترونات فى الانابيب التلفزيونية (انابيب التصوير) تدخل المجال المغنطيسى المنتظم ، المستخدم للتركيز ، بزوايا α صغيرة ، بحيث يكون $\cos\alpha \approx 1$ ، فيمكننا تحديد خطوة الحلزون من العلاقة (4.10) والعلاقة (4.5) كما يلى :

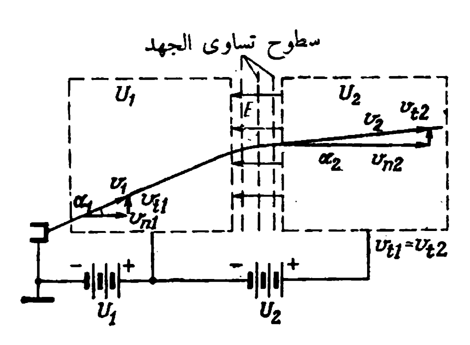
$$s \approx \frac{2\pi mv}{H} = \frac{2\pi}{H}\sqrt{\frac{2m}{e}U_a} \qquad (4.11)$$

البند ٤ ـ ٤ التركيز الالكتروستاتى

ان تركيز الحزم الالكترونية بالطريقة الالكتروستاتية (الكهربائية الاستاتيكية) يعتمد على ظاهرة انحراف مسار الالكترونات بتأثير المجال الكهربائى .

ولكى يتحرك الالكترون حركة مستقيمة منتظمة بدون انحناء ينبغى الا توجد اية مجالات (كهربائية ومغنطيسية) فى مكان الحركة .

وهكذا عندما يتحرك الالكترون داخل شبكة معدنية اسطوانية ، لا توجد فى داخلها اية مجالات (لا يوجد داخلها مجال كهربائى لانها متساوية الجهد) ، كما فى الشكل ٤ – ٣ ، فهو يتحرك حركة مستقيمة ومنتظمة ، ولا ينحرف الا عندما ينتقل من الحيز المحصور داخل تلك الشبكة الى الحيز المحصور داخل شبكة اخرى سلط عليها جهد مختلف . لنفترض ان الشبكة الثانية مشابهة للاولى ومتساوية الجهد ايضا ولكن جهدها U_2 اعلى من جهد الشبكة الاولى U_1 . ففى هذه الحالة يتحرك الالكترون بعد انتقاله الى الحيز المحصور داخل الشبكة الثانية حركة مستقيمة ومنتظمة ايضا ، ولكن اتجاه حركته هنا يميل بزاوية (α_2) تختلف عن زاوية ميل اتجاه حركته داخل الشبكة الاولى (α_1) نتيجة للانحراف الذى يحدث فى منطقة الانتقال حيث يوجد مجال كهربائى يتجه عموديا على السطحين اللذين يحدان المنطقتين المتساويتى الجهد ، فيؤثر هذا المجال على الالكترون عندما يمر من خلاله بقوة عمودية ايضا على السطحين المتساويى الجهد . وبتأثير هذه القوة تزداد مركبة سرعة الالكترون العمودية على السطحين المتساويى الجهد (v_n) بينما تبقى المركبة الموازية او المماسة لهما (v_t) كما كانت ، اى $v_{t_1} = v_{t_2}$ ، او $v_1 \sin \alpha_1 = v_2 \sin \alpha_2$ ، ولذلك :



الشكل ٤ – ٣ . انكسار الشعاع الالكترونى عند الحد الفاصل بين حيزين ، كل منهما متساوى الجهد

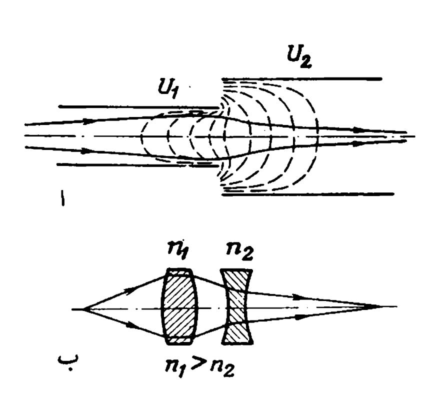
$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{U_2}}{\sqrt{U_1}} \tag{4.12}$$

وهكذا ينحرف مسار الالكترون حسب علاقة مشابهة لقانون انكسار الاشعة الضوئية عند الحد الفاصل بين وسطين شفافين يختلفان بدليل الانكسار n (اى القانون $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$) ويقوم بدور دليل الانكسار هنا المقدار $\sqrt{U}$ او ما يتناسب معه .

وتنتج من العلاقة (4.12) قاعدة مفيدة عمليا : عندما تنتقل الالكترونات من حيز متساوى الجهد الى حيز آخر أعلى جهدا ومتساوى الجهد ايضا ، تنحرف تلك الالكترونات نحو العمود على السطحين المتساويى الجهد فى نقطة التقاطع معهما . اما اذا تحركت الالكترونات بالعكس ، من الجهد الاعلى الى الجهد الاقل (وهذا ممكن بفضل سرعتها الابتدائية) ، فهى تنحرف مبتعدة عن العمود .

وبناء على القاعدة والعلاقة (4.12) تصمم « العدسات » الالكترونية المختلفة ، التى تستخدم لتركيز الحزم الالكترونية . ومن اكثر العدسات الالكترونية انتشارا عدسة تسمى ثنائية الجهد (او العدسة المعجلة) .

وتتألف هذه العدسة من اسطوانتين معدنيتين ، لهما محور مشترك ويمكن ان يكون قطراهما متساويين او مختلفين ، وقد تكون احداهما عبارة عن طبقة موصلة يطلى بها جدار الانبوب . ويبين الشكل ٤ ــ ٤ عدسة ثنائية الجهد مؤلفة من اسطوانتين ، مختلفتى القطر ، يسلط على احداهما (ذات القطر الاصغر) جهد اصغر من جهد الاخرى .



الشكل ٤ ــ ٤ . عدسة معجلة مكونة من اسطوانتين (أ) ، وعدستان بصريتان مشابهتان لها (ب)

لنفترض ان حزمة من الالكترونات تأتى من طرف الاسطوانة ذات القطر الاصغر بحيث تكون متباعدة عن محور مطابق لمحور الاسطوانتين . فتواجه الحزمة عند منطقة الانتقال بين الاسطوانتين سطوحا متساوية الجهد ، محدبة بالنسبة للجهة

التى تأتى منها الالكترونات . وتؤدى هذه السطوح المحدبة دور عدسة مجمعة ، تحرف الالكترونات نحو المحور . وبعد اجتيار حزمة الالكترونات لمنطقة الانتقال تواجه سطوحا متساوية الجهد ، مقعرة بحيث تقوم بدور عدسة مفرقة . الا ان تأثير هذه « العدسة » المفرقة اضعف من تأثير « العدسة » الاولى المجمعة ، لان سرعة الالكترونات داخل الاسطوانة الثانية اكبر منها فى الاولى . وهكذا فان العدسة بكاملها تعمل كعدسة مجمعة . ويبين الشكل ٤ ـ ٤ ب مجموعة عدستين عاديتين (بصريتين) تؤثران على الاشعة الضوئية تأثيرا مشابها .

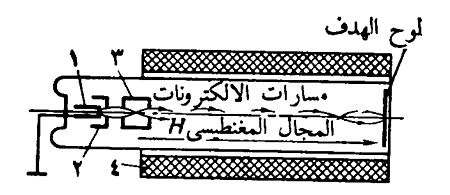
ويتوقف البعدان البؤريان للعدسة الثنائية الجهد على ابعاد الاسطوانتين ونسبة جهديهما $\left(\frac{U_2}{U_1}\right)$ ، ويمكن ضبط البعدين البؤريين ، او ضبط النقطة التى تركز فيها حزمة الالكترونات بضبط نسبة الجهدين . ويتم ضبط التركيز عادة بالتحكم فى جهد الاسطوانة الاولى (U_1) .

البند ٤ ـ ٥ التركيز المغنطيسى

يمكن ان يتم تركيز الاشعة الالكترونية ايضا بواسطة مجال مغنطيسى ، تولده عادة ملفات يسرى فيها تيار مستمر . ويمكن احداث مجال التركيز احيانا بواسطة مغنطيسات دائمة . وتستخدم للتركيز المغنطيسى الكهربائى ملفات طويلة او قصيرة .

١ ـ التركيز بواسطة ملف طويل : يتم التركيز فى هذه الحالة بواسطة مجال منتظم مواز لمحور الانبوب ومتجانس من الكاثود حتى لوح الهدف . ويمكن احداث هذا المجال بواسطة ملف اسطوانى (ذى طول كاف) يحيط بالانبوب كما مبين فى الشكل ٤ ـ ٥ .

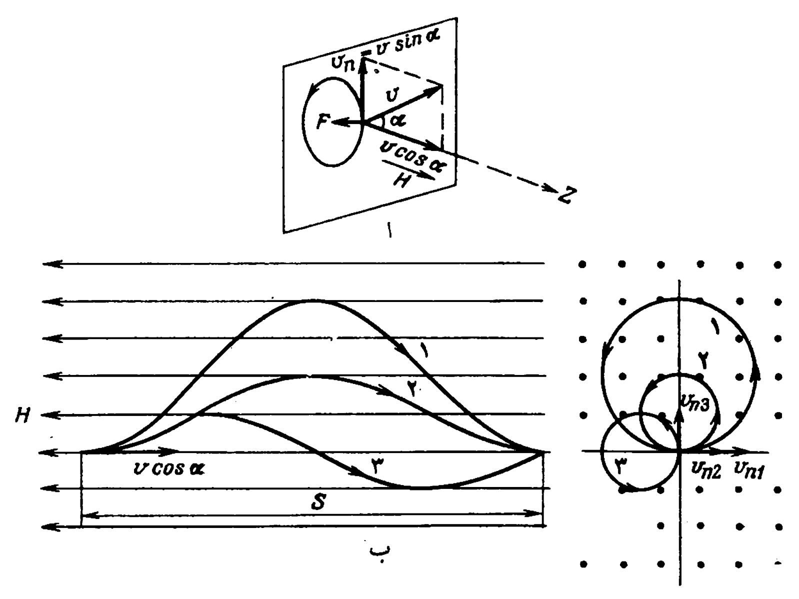
ويؤثر مجال التركيز على الالكترونات المنبعثة من الكاثود تأثيرا مختلفا باختلاف زاوية ميل مساراتها بالنسبة لمحور الانبوب . فاذا كانت الالكترونات تتحرك بموازاة محور الانبوب ، فهى لا تتأثر بمجال التركيز المغنطيسى . اما اذا كانت تميل بزاوية معينة α بالنسبة للمحور (الشكل ٤ ـ ٦ ، أ) ، فهى



الشكل ٤ – ٥ . التركيز بملف طويل

تتعرض لتأثير قوة متناسبة مع مركبة السرعة العمودية على المجال ($v_n = v \sin \alpha$). وتسبب هذه القوة حركة دائرية تضاف الى الحركة الناتجة عن مركبة السرعة الموازية للمجال ($v \cos \alpha$) ، فيتحرك كل الكترون على خط حلزونى يتحدد نصف قطره وفترة دورته وطول خطوطه حسب العلاقات (4.8) ، (4.9) ، (4.10) .

وطالما ان فترة الدورة T والخطوة s لا تعتمدان على المركبة العمودية للسرعة ، فان الالكترونات التى تنطلق من نقطة واحدة تعود فتلتقى فى نقطة

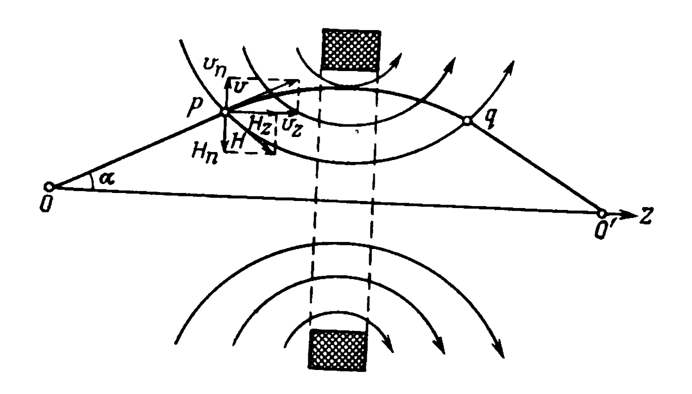


الشكل ٤ – ٦ . حركة الالكترونات فى مجال ملف التركيز الطويل : أ – مسقط مسار الكترون على مستوى عمودى على محور الانبوب ؛ ب – مسارات عدة الكترونات ومساقطها

واحدة من جديد بعد ان تدو دورة واحدة (يتحدد نصف قطرها بالمركبة العمودية $v \sin \alpha$) ، ويتكرر ذلك بعد كل دورة .

هذا وان مساقط مسارات الالكترونات على مستو عمودى على المحو، هى عبارة عن دوائر تمر من نقطة انطلاق الالكترونات (الشكل ٤ — ٦ ، ب) ، ويتحدد مكانها باتجاه السرعات الابتدائية للالكترونات بالنسبة الى محور الانبوب .

٢ — التركيز بواسطة ملف قصير : يتم التركيز فى هذه الحالة بواسطة مجال يولده ملف قصير ، طوله اصغر بكثير من قطره ، بحيث تكون المسافة التى يؤثر فيها مجال الملف على الحزمة الالكترونية اصغر بكثير من مسار هذه الحزمة . ويقوم هذا الملف بتجميع الالكترونات المنطلقة من نقطة O بعيدة عنه فى نقطة O' تقع ايضا خارج مجاله ، كما لو ان الملف يؤدى دو، عدسة تشكل صورة O' للنقطة O (الشكل ٤ — ٧) .



الشكل ٤ — ٧ . حركة الالكترونات فى مجال ملف قصير

وتتعرض الالكترونات داخل مجال ملف التركيز القصير لتأثير قوة عمودية على اتجاه الحركة واتجاه المجال ، بينما يتغير اتجاه المجال على طول مسار الحركة . ويتحدد مسار الحركة داخل المجال بنتيجة تفاعل مركبة المجال H_n العمودية على محور الانبوب z مع مركبة السرعة v_z الموازية لهذا المحور ، وتفاعل مركبة المجال H_z الموازية للمحور مع مركبة السرعة الدائرية

الناتجة عن تفاعل H_n مع v_z . واذا كانت المركبة H_n تسبب بتفاعلها مع مركبة السرعة حركة دائرية ، فان مركبة المجال H_z الموازية للمحور تسبب بتفاعلها مع مركبة السرعة الدائرية قوة تجبر مسار الالكترونات على الانحراف تدريجيا نحو المحور . وتتحرك الالكترونات قبل دخولها المجال وبعد خروجها منه حركة مستقيمة ، ولكنها تتجه بعد خروجها من المجال نحو محور الانبوب لتتجمع فى نقطة واحدة (O') .

ويمكن تحديد البعد البؤرى لملف التركيز القصير (كعدسة مغنطيسية) حسب العلاقة :

$$f \approx 50 \frac{U_a d}{(I\omega)^2} \tag{4.13}$$

حيث U_a (بالفولطات) هو جهد تعجيل الالكترونات قبل تركيزها ،
و d (بالسنتيمترات) هو القطر الوسطى لملف التركيز ،
و ($I\omega$) هو عدد الامبير لفات (حاصل ضرب عدد لفات الملف فى التيار) .

البند ٤ ــ ٦ اوجه الاختلاف بين البصريات الالكترونية والضوئية

على الرغم من التشابه الكبير فى سلوك الاشعة الالكترونية والضوئية ، نجد فى سلوك هذه الاشعة وتلك اوجه اختلاف هامة .

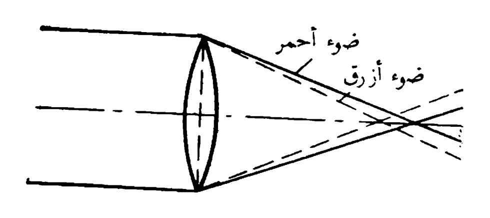
فبينما ينتشر الضوء بخطوط مستقيمة ، وينكسر عند الحد الفاصل بين وسطين مختلفين انكسارا حادا ، يكون انكسار الاشعة الالكترونية اشبه بانحراف تدريجى متصل ، اذ لا توجد حدود فاصلة واضحة فى منظومات البصريات الالكترونية . وبينما تتميز العدسة البصرية ببعد بؤرى واحد لا يعتمد على اتجاه الاشعة ، اذ ان العدسة تكون عادة محاطة من جانبيها بوسط واحد ، نجد ان البعد البؤرى للعدسة الالكترونية يختلف باختلاف الجهة التى تأتى منها حزمة الالكترونات ، كما لو ان العدسة الالكترونية محاطة من جانبيها بوسطين مختلفين ، مناظرين للجهدين المختلفين .

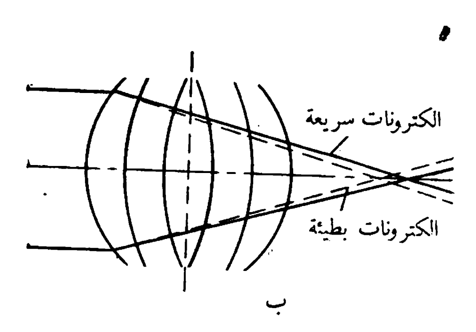
واذا كان البعد البؤرى للعدسة البصرية ثابتا ، فان البعد البؤرى للعدسة الالكترونية يمكن ان يتغير فى مدى واسع بتغيير الجهود على الكترودات التركيز ، او بتغيير التيارات فى ملفات التركيز . وهكذا ايضا يمكن التحكم فى دليل انكسار الاشعة الالكترونية ، ويمكن جعله اكبر كثيرا من دليل انكسار الاشعة الضوئية الذى لا يزيد عن عدة وحدات .

وتتميز الاشعة الضوئية بانها لا تؤثر على خواص العدسات . اما الاشعة الالكترونية ، فهى يمكن ان تؤثر تأثيرا ملحوظا على مجال العدسات الالكترونية بسبب شحنات الفراغ التى تنشأ نتيجة لوجود تلك الاشعة ، كما ان الكترونات الشعاع الالكترونى يمكن ان تتنافر فيما بينها . وكل ذلك يمكن ان يؤدى الى ظهور تشويهات ليس لها شبيه فى البصريات الضوئية .

البند ٤ ـ ٧ التشويهات التى تسببها العدسات الالكترونية

تتسم العدسات الالكترونية بتشويهات عديدة ، بما فيها التشويهات التى تتسم بها العدسات البصرية ولو اختلفت الاهمية النسبية لهذه التشويهات .





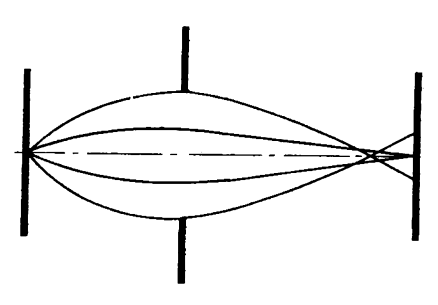
الشكل ٤ ـ ٨ . القزح اللونى : أ ـ فى عدسة بصرية ؛ ب ـ فى عدسة إلكترونية

١ ـ الزيغ اللونى : وينشأ هذا التشويه فى البصريات الضوئية نتيجة لاختلاف درجة انكسار الاشعة الضوئية باختلاف طول موجتها (فالاشعة الزرقاء تنكسر اكثر من الحمراء) . وهو ينشأ ايضا فى البصريات الالكترونية ، نتيجة لاختلاف السرعات الابتدائية للالكترونات ، اذ ان الالكترونات التى تخرج من الكاثود بسرعات

منخفضة تنحرف فى العدسة الالكترونية وتتركز اكثر من الالكترونات التى تخرج بسرعات اكبر (الشكل ٤ ـ ٨) . وهكذا تتركز حزمة الالكترونات على الشاشة او لوح الهدف فى بقعة دائرية بدلا من ان تتركز فى نقطة ، اى يختل التركيز بصورة مشابهة للزيغ اللونى فى حالة تركيز الضوء .

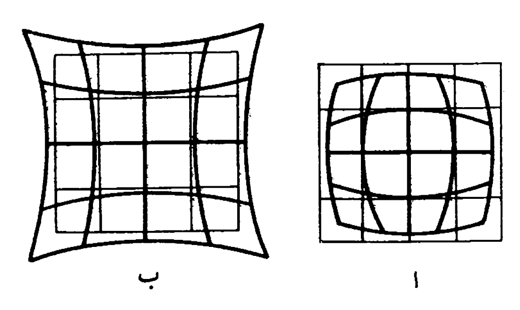
كما وان الاختلاف فى السرعات الابتدائية للالكترونات يختلف حسب مصدر الالكترونات ، فهو يبلغ فى حالة الكاثود الترميوى (الحرارى) عدة اجزاء عشرية من الفولط (اذا عبرنا عن سرعة الالكترون مجازا بالفولط) ، بينما يبلغ فى حالة الكاثود الضوئى ١ ـ ٢ فواط ، ويبلغ فى حالة الابتعاث الثانوى عدة فولطات .

٢ ـ الزيغ الكروى ، وينتج هذا التشويه بسبب اختلاف درجة انكسار الالكترونات البعيدة عن محور العدسة الالكترونية والالكترونات القريبة من المحور (الشكل ٤ ـ ٩) ، فتتركز حزمة الالكترونات فى بقعة بدلا من ان تتركز فى نقطة .



الشكل ٤ ـ ٩ . القزح الكروى

٣ ـ التشويهات الهندسية غير الخطية ، وهى التشويهات التى تنتج عن انزياح النقطة التى تتركز فيها الحزمة الالكترونية عن اوضاعها الصحيحة بدون اختلال التركيز . وتتجلى هذه التشويهات عادة بشكل تشويه « البرميل » وتشويه « مخدة الدبابيس » (الشكل ٤ ـ ١٠) .

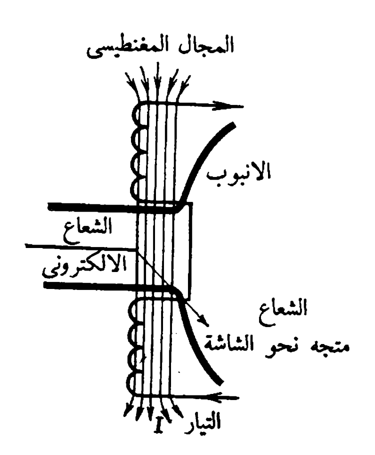


الشكل ٤ ـ ١٠ . التشوه الهندسى على شكل « البرميل » و « مخدة الدبابيس »

البند ٤ ـ ٨ انحراف الشعاع الالكترونى

ان انحراف الشعاع الالكترونى (من اجل اجراء المسح) يمكن ان يتم بواسطة مجال الكتروستاتى او مجال مغنطيسى كهربائى . وكما اشرنا فى الفصل الثانى تتميز طريقة الانحراف المغنطيسى الكهربائى بمزايا عديدة (امكانية الحصول على زوايا انحراف كبيرة وما الى ذلك) ، جعلت من الافضل استخدامها فى انابيب التصوير وانابيب الصورة التلفزيونية . ولذلك سنستعرض هذه الطريقة بالتفصيل .

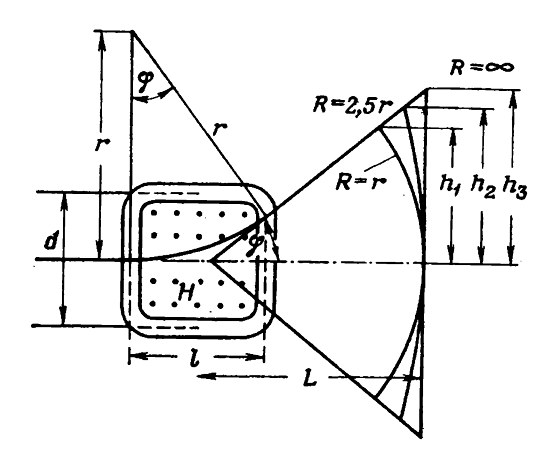
١ ـ العلاقات الاساسية : يتم الانحراف فى اتجاه معين (افقيا او رأسيا) بواسطة ملفين ، يركبان على جانبى عنق الانبوب (الشكل ٤ ـ ١١) بحيث يكون محورهما عموديا على محور الانبوب . فاذا مرتيار فى هذين الملفين ، نحصل فى داخل الانبوب على مجال مغنطيسى منتظم تقريبا ، عمودى على محور الانبوب. وينحرف الشعاع الالكترونى بتأثير هذا المجال فى اتجاه عمودى على كل من محور الانبوب ومحور ملفى الانحراف .



الشكل ٤ ـ ١١ . طريقة الانحراف المغنطيسى للشعاع الالكترونى

لنفترض ان ملفى الانحراف يولدان داخل الانبوب مجالا منتظما تماما فى المنطقة التى يحيطان بها (اى المنطقة التى يحدها مسقط ملفى الانحراف على مستوى الرسم ، فى الشكل ٤ ـ ١٢) ، ولنفترض ان المجال معدوم خارج هذه المنطقة . وفى هذه الحالة تتحرك الالكترونات داخل المجال على خط دائرى يتحدد نصف قطره حسب العلاقة (4.8) ، بينما تتحرك قبل دخولها الى المجال وبعد خروجها منه حركة مستقيمة . ويمكن تحديد زاوية انحراف مسار الالكترونات بالعلاقة :

$$\sin\varphi = \frac{l}{r} = \frac{lH}{\sqrt{2\frac{m}{e}U_a}} \qquad (4.14)$$



الشكل ٤ — ١٢ . مقدار انحراف الشعاع مغنطيسيا

علما ان معنى الرموز قد ذكر سابقا ، او بين فى الشكل ٤ — ١٢ . ويتحدد مقدار الانحراف على الشاشة حسب العلاقة :

$$h = L \tan \varphi = L \frac{\sin \varphi}{\sqrt{1 - \sin^2 \varphi}} \tag{4.15}$$

اما عدد الامبير — لفات ($I\omega$) اللازمة لانحراف الشعاع بزاوية φ ، فهو يتحدد تقريبا بالعلاقة :

$$I\omega = \frac{\sqrt{2 \frac{m}{e}}}{0{,}4\pi} \cdot \frac{d \sin \varphi}{l} \sqrt{U_a} \tag{4.16}$$

اى يتوقف على جهد التعجيل U_a ومتوسط قطر ملف الانحراف d ومتوسط طوله l .

٢ — وحدة الانحراف : ينبغى ان يتم انحراف الشعاع الالكترونى (من اجل مسح الصورة) فى اتجاهين متعامدين : افقيا ورأسيا ، ولذلك يستخدم زوجان من الملفات ، محوراهما متعامدان (ملفان للانحراف الافقى وملفان للانحراف الرأسى) . وتسمى مجموعة هذه الملفات وحدة (منظومة) الانحراف او المقرن الحارف .

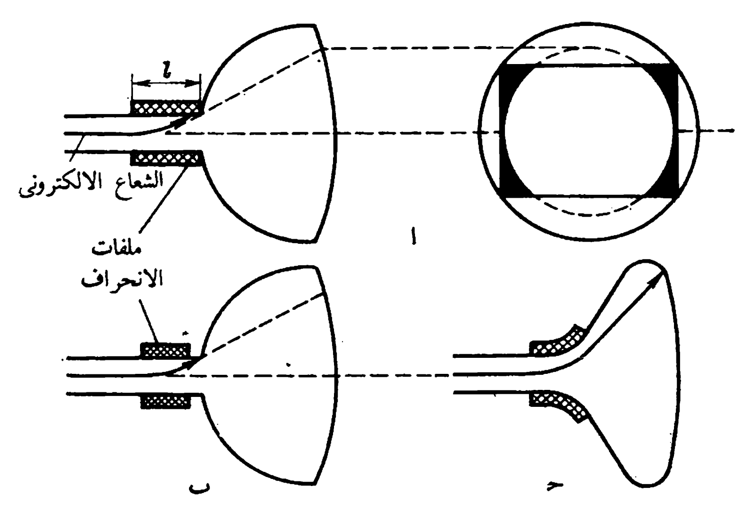
وينبغى عند تصميم وحدة الانحراف تلبية عدة متطلبات متناقضة ، اهمها :

١ ــ الحصول على الفعالية (او الكفاية) القصوى ، اى الحصول على زاوية الانحراف المطلوبة باقل ما يمكن من الطاقة المغنطيسية الكهربائية ؛

٢ ــ الحصول على اقل تشويهات للهيكل الخطى واقل اخلال بالتركيز مما قد ينتج بسبب ملفات الانحراف .

هذا بالاضافة الى متطلبات اخرى ذات طابع عام مثل : المتانة الكهربائية ، قلة التكلفة ، بساطة الانتاج ، صغر الوزن والحجم ، وما الى ذلك .

ومن المستحسن حسب العلاقة (4.14) ان يكون طول ملفات الانحراف ، كبيرا حتى يسهل الحصول على زاوية الانحراف φ المطلوبة . ولكن الطول l



الشكل ٤ ــ ١٣ . إظلام اطراف الشاشة نتيجة للطول الزائد لملفات الانحراف (أ) أو نتيجة لعدم وضعها على العنق تماما (ب) ، وتفادى الاظلام بالتوسيع التدريجى للملفات (ج)

يجب الا يزيد عن الحد الذى تبدأ عنده اطراف الهيكل الخطى بالاظلام (الشكل ٤ ــ ١٣ ، أ) نتيجة لاصطدام الشعاع الالكترونى بزجاج عنق الانبوب ، على ان يؤخذ فى الاعتبار ان مثل ذلك الاظلام قد يحدث ايضا

اذا كانت وحدة الانحراف غير مضمومة ضما وثيقا الى مخروط الشاشة (الشكل ٤ — ١٣ ، ب).

ولكى لا يحصل اظلام يجب الا يزيد طول ملفى الانحراف الافقى المقدار :

$$l_H = \frac{0,8\,d}{2} \operatorname{ctg} \frac{\Phi_H}{2} \qquad (4.17A)$$

كما يجب الا يزيد طول ملفى الانحراف الرأسى عن المقدار :

$$l_V = \frac{0.6\,d}{2} \operatorname{ctg} \frac{\Phi_V}{2} \qquad (4.17B)$$

حيث d هو قطر عنق الانبوب .

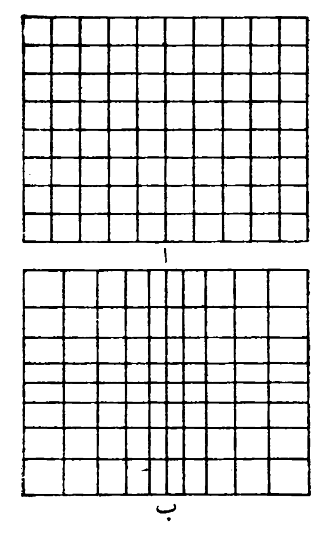
ومن البديهى ان الطاقة اللازمة للانحراف تزداد كلما ازداد الحجم الذى ينحصر فيه مجال الانحراف . ولذلك ينبغى من اجل تحسين فعالية ملفات الانحراف ان يكون قطرها اصغر ما يمكن ، ولذا تركب هذه الملفات مباشرة على عنق الانبوب . وتوضع ملفات الانحراف ضمن غطاء (حجاب) من الفريت يسمح بتكثيف مجال الانحراف ضمن عنق الانبوب . وتثنى حافتا وحدة الانحراف الى الخارج ثنيا يسمح بضمها ضما وثيقا الى عنق الانبوب ، كما يسمح بتخفيف تأثير عدم انتظام مجال الانحراف عند اطراف الملفات .

ومن المهم ان فعالية ملفات الانحراف الافقى اقصى ما يمكن لان القدرة المفاعلة اللازمة لها كبيرة جدا ، اذ ان تردد الانحراف الافقى عال نسبيا (اكبر ٣٠٠ مرة تقريبا من تردد الانحراف الرأسى) .

وينبغى تصميم وحدة الانحراف والدوائر الملحقة بها بحيث تكون التشويهات الهندسية التى يتعرض لها الهيكل الخطى اقل ما يمكن .

ومما يؤدى الى مثل هذه التشويهات اختلاف نصف قطر انحناء الشاشة R ونصف قطر الانحراف r (انظر الشكل ٤ — ١٢) . ولو كان $R = r$ ، لكان مقدار الانحراف h_1 متناسبا مع شدة مجال الانحراف H (او تيار الانحراف المار فى الملفات) ، بحيث يتكون على الشاشة هيكل خطى

صحيح . ولكن الشاشات المستخدمة عمليا لا تحقق الشرط $R=r$ ، فهى قد تكون مستوية تقريبا ($R\approx\infty$) كما فى انابيب الصورة المخصصة للاسقاط ، او تكون ذات نصف قطر انحناء اكبر مرتين – ثلاث من نصف قطر الانحراف ($R=2.5r$) كما فى انابيب الصورة العادية. ويؤدى اختلاف R عن r الى ان يكون مقدار الانحراف (h_3 أو h_2 فى الشكل ٤ – ١٢) مختلفا عن القيمة اللازمة h_1 اختلافا يزداد كلما ازدادت زاوية الانحراف φ . وهكذا تتمدد (تمتط) اجزاء الهيكل الخطى اكثر فاكثر كلما ابتعدت عن مركز الشاشة ، فتظهر فى الصورة التشويهات المسماة بالتشويهات المتماثلة (الشكل ٤ – ١٤) . ويمكن التخلص من هذه التشويهات اذا جعلنا التيار المار فى ملفات الانحراف مختلفا بعض الشئ عن تيار النشار بحيث يكون شكله الموجى (تبعيته للزمن) مشابها للحرف S .

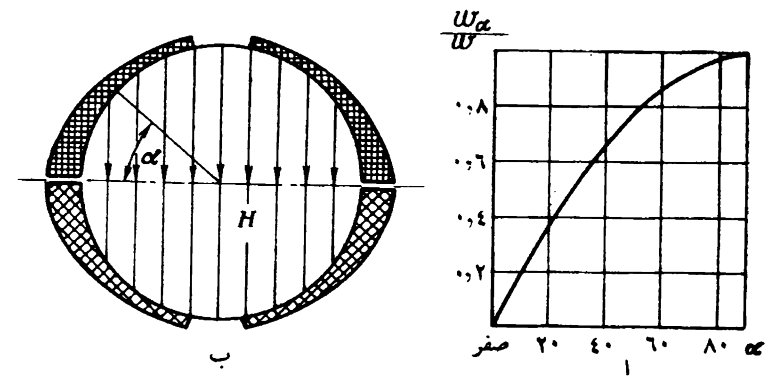


الشكل ٤ – ١٤ . تشوهات الصورة فى حالة عدم تطابق مركز انحناء الشاشة ومركز الانحراف (التشوهات المتماثلة) : أ – الصورة غير مشوهة ؛ ب – الصورة مشوهة

ومن اهم شروط عدم تشويه الهيكل الخطى انتظام المجال المغنطيسى الذى تولده وحدة الانحراف . وللحصول على المجال المنتظم ينبغى ان توزع كثافة اللفات على محيط عنق الانبوب حسب قانون جيبى ، بحيث تتناقص كثافة اللفات فى كل ملف تدريجيا كلما كانت ابعد عن محور الانبوب (الشكل ٤ – ١٥) . واذا لم تكن اللفات موزعة حسب ذلك القانون تنشأ تشويهات البرميل او مخدة الدبابيس (انظر الشكل ٤ – ١٠) . ولا يمكن تصحيح هذه التشويهات بالطريقة التى تستخدم لتصحيح التشويهات المتماثلة السابقة الذكر : طريقة اختيار شكل مناسب لتيار الانحراف . ولكن يمكن تقليص تشويهات البرميل ومخدة الدبابيس لدرجة كبيرة بواسطة مغنطيسات دائمة صغيرة ، تزود

بمماسك خاصة ، تركب على الجزء الامامى من وحدة الانحراف بحيث يمكن تدوير كل مغنطيس حول محوره او ازاحته على وحدة الانحراف حتى تصبح تلك التشويهات اقل ما يمكن .

٣ ـ وحدات الانحراف لزاوية ١١٠° : يبين الحساب ان استبدال الانابيب ذات زاوية الانحراف التى كانت تستخدم سابقا بالانابيب ذات الزاوية ١١٠° (اذا كانت هذه الانابيب مختلفة عن تلك بالزاوية فقط) يتطلب زيادة التيار ١,٤٤ مرة ، كما يتطلب زيادة قدرة الانحراف اكثر من مرتين .



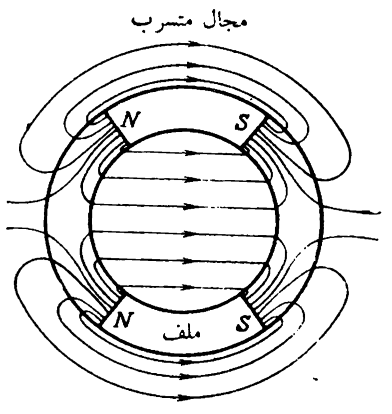
الشكل ٤ ـ ١٥ . توزيع لفات ملفات الانحراف حسب قانون جيبى

وهكذا تصبح مشاكل زيادة فعالية وحدة الانحراف وتخفيض قدرة الانحراف اكثر حدة عند استخدام الانابيب ذات الزاوية ١١٠° . ولقد تطلب حل هذه المشاكل استخدام قطر اصغر لعنق الانبوب (٢٩,٧ مم بدلا من ٣٨ مم) ، كما تطلب توسيع عنق الانبوب تدريجيا فى مكان اتصاله بالجزء المخروطى .

ورغم ان استخدام قطر اصغر لعنق الانبوب يتطلب استخدام طول اقصر لملفات الانحراف حتى لا يحصل اظلام فى اطراف الهيكل الخطى ، يمكن ان يكون طول الملفات اكبر مما كان مسموح به بالنسبة للقطر الاصغر بفضل الانتقال التدريجى من العنق الى المخروط الذى يسمح بتوسيع الملفات تدريجيا بحيث يمكن تقريبها اكثر نحو الجزء المخروطى (انظر الشكل ٤ ـ ١٣ جـ) .

وتتصف الانابيب ذات الزاوية ١١٠° ايضا بان التشويهات الهندسية للهيكل الخطى على شاشاتها اكبر بكثير مما هى فى الانابيب ذات الزاوية ٧٠° ، مما يجعل تصحيح تلك التشويهات ضروريا حتما فى حالة الانابيب ذات الزاوية ١١٠° .

وتتميز وحدات الانحراف التى تصمم فى الاونة الاخيرة للزوايا الكبيرة بانها تستخدم ملفات انحراف رأسى حلقية الشكل . وكما يبين الشكل ٤ — ١٦ ، يلف ملفا الانحراف الرأسى على قلب حلقى (وهو قلب من الفريت يركب فوق ملفى الانحراف الافقى) ، ويوصلان بحيث يولدان تدفقين مغنطيسيين متعاكسين داخل القلب ومتفقى الاتجاه داخل الانبوب . وتؤمن طريقة اللف هذه فعالية جيدة واقتصادية جيدة ، ولكنها تسبب تدفقا تسربيا كبيرا يجعلها غير مجدية للانحراف الافقى .



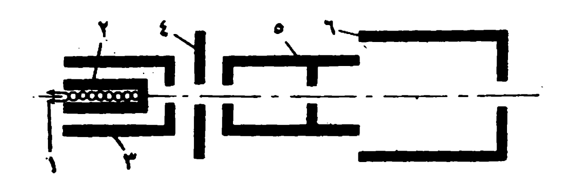
الشكل ٤ — ١٦ . تركيب ملفات الانحراف حلقية الشكل ، وخطوط مجالها

الفصل الخامس

انابيب الصورة

البند ٥ ـ ١ الحصول على الاشعة الالكترونية والتحكم فيها

١ ـ مدفع الالكترونات : يتم توليد الشعاع الالكترونى بواسطة مدفع الالكترونات الذى يتكون من كاثود يسخن تسخينا غير مباشر ومجموعة الكترودات اخرى ذات تماثل محورى . ويشمل المدفع بالاضافة الى الكاثود الكترودين آخرين على الاقل : الكترود التحكم والانود . ويتألف المدفع الخماسى الالكترودات مثلا (الشكل ٥ ـ ١) من كاثود واربعة الكترودات



الشكل ٥ ـ ١ . تصميم مدفع الكترونات (خماسى الالكترودات) : ١ ـ فتيلة التسخين ؛ ٢ ـ الكاثود ؛ ٣ ـ الكترود التحكم ؛ ٤ ـ الالكترود المعجل ؛ ٥ ـ الكترود التركيز ؛ ٦ ـ الانود

اخرى : الاول منها بعد الكاثود هو الكترود التحكم ، والثانى هو الالكترود المعجل (الحاجب) ، والثالث هو الكترود التركيز الالكتروستاتى ، والرابع هو الانود .

والكاثود المستخدم عادة هو عبارة عن اسطوانة معدنية (من النيكل او التنجستين) ، تطلى قاعدتها بطبقة اكسيدية قادرة على ابتعاث الالكترونات ، وتوضع داخل اسطوانة الكاثود فتيلة التسخين التى تكون عادة معزولة عنه . ويعتبر جهد الكاثود ـ فى الغالب ـ مساويا الصفر ، بحيث تقاس جهود الالكترودات الاخرى بالنسبة اليه . وتساوى درجة حرارة الكاثود عادة حوالى

١٠٠٠° (كلفن) ، بينما تساوى طاقة خروج الالكترون منه حوالى ١,٥ الكترون ــ فولط . وتؤثر درجة حرارة الكاثود تأثيرا كبيرا على امد استخدامه .

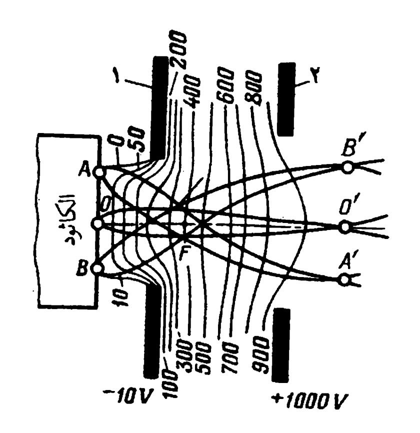
اما الكترود التحكم ، فهو غالبا ما يكون عبارة عن اسطوانة معدنية تحيط بالكاثود وتحتوى على فتحة (ثقب) فى مركز قاعدتها . ويسلط على هذا الالكترود جهد سالب بالنسبة الى الكاثود يساوى عادة عشرات الفولطات . ويمكن بتغيير هذا الجهد التحكم فى سيل الالكترونات .

والالكترود المعجل (الحاجب) هو فى الغالب عبارة عن قرص معدنى ذى ثقب تمر من خلاله الالكترونات ، او اسطوانة معدنية ذات حواجز . ويسلط على هذا الالكترود جهد موجب غير كبير نسبيا (عدة مئات من الفولطات) .

والالكترود الثالث ، هو عادة الكترود التركيز الالكتروستاتى ، اذ يمكن بتغيير جهده ضبط البعد البؤرى لعدسة التركيز الالكتروستاتى ، المستخدمة فى اغلب انابيب الصورة . وهذا الالكترود هو فى الغالب عبارة عن اسطوانة معدنية ذات حواجز ، ويسلط عليه جهد موجب يمكن تغييره عادة .

اما الانود (الالكترود الاخير) ، فهو غالبا ما يكون على شكل طبقة موصلة تغطى جدران الانبوب . ويسلط على الانود الجهد الذى يحدد السرعة النهائية للالكترونات قبيل اصطدامها بالشاشة . ويبلغ هذا الجهد احيانا الاف او عشرات الاف الفولطات .

ويمكن عادة ان نعتبر مدفع الالكترونات مؤلفا من مجموعتين (منظومتين) من الالكترودات : مجموعة الابتعاث التى تولد حزمة من الالكترونات ، ضيقة نسبيا ، ومجموعة التركيز التى تركز هذه الحزمة فى بؤرة على سطح الشاشة او لوح الهدف .



الشكل ٥ ــ ٢ . اوضاع الالكترودات ونمط المجال ومسار الالكترونات فى مجموعة الابتعاث : ١ ــ الكترود التحكم ؛ ٢ ــ الانود

ومع ان عمل كل من المجموعتين مستقل عن عمل الاخرى ، لا بد من التوفيق بين خواصهما والقيم المميزة لهما .

٢ – عمل مجموعة الابتعاث : سنستعرض اولا عمل مجموعة الابتعاث الثلاثية الالكترودات التى تتألف من كاثود والكترود تحكم وانود . ويبين الشكل ٥ – ٢ اوضاع الالكترودات وطابع المجال الكهربائى فيها .

وكما يبين هذا الشكل، تكون السطوح المتساوية الجهد بقرب الكاثود ذى السطح المستوى مستوية ايضا وموازية له . ولما كان المجال الكهربائى فى اى نقطة عموديا على السطح المتساوى الجهد المار من هذه النقطة ، فان خطوط المجال عند الكاثود تكون عمودية عليه تقريبا . ويترتب على هذا ان تتسارع الالكترونات التى تنبعث من نقطة ما من الكاثود مثل النقطة A بسرعات مختلفة القيمة والاتجاه ، بحيث تتحول بتأثير المجال الكهربائى الى حزمة الكترونات متوازية تقريبا . ثم تنحرف هذه الحزمة نتيجة لانحناء السطوح المتساوية الجهد فيما بعد متجهة نحو المحور لتتقاطع معه ضمن منطقة ضيقة تحيط بالنقطة F . وهذا هو ما يحصل ايضا للالكترونات التى تنبعث من نقاط اخرى من الكاثود مثل النقطة B .

وهكذا تتقاطع الالكترونات المنبعثة من سطح الكاثود ، الكبير نسبيا ، ضمن منطقة ضيقة نسبيا تسمى نقطة التقاطع ، وهى تبعد عدة ميلمترات عن الكاثود .

كما وان مجموعة الابتعاث هى عبارة عن عدسة الكترونية من نوع خاص ، وهى تشكل « صورة » للكاثود تقع بعد منطقة التقاطع بكثير (انظر مثلا A' ، B' فى صورتى النقطتين A ، B) .

وطالما ان حزمة الالكترونات بعد نقطة التقاطع تكون متباعدة ، لذلك تستخدم فى انابيب التصوير التلفزيونى حواجز ذات فتحات ضيقة جدا تمرر من خلالها حزمة الالكترونات لتقليص مقطعها ، بحيث تكون حزمة الكترونات ضيقة ومتوازية تقريبا يمكن تركيزها جيدا حتى فى الانابيب التى يجرى المسح فيها بالكترونات « بطيئة » . ولا يمكن استخدام مثل تلك الحواجز فى انابيب الصورة ، لأن هذه الانابيب تتطلب شعاعا الكترونيا ذا قدرة

كبيرة (تبلغ شدته مئات الميكروامبيرات ، بينما يبلغ تيار شعاع انابيب التصوير اجزاء من الميكروامبير) . ويتم التركيز فى انابيب الصورة بواسطة عدسة الكترونية تشكل على شاشة الانبوب صورة لنقطة التقاطع .

ويؤدى التماثل المحورى لمدفع الالكترونات الى ان يكون المجال المعجل قرب الكاثود محصورا عند الجزئ الاوسط من الكاثود ، ولذا تكون شدة ابتعاث الالكترونات عظمى عند ذلك الجزء . وعندما يتغير جهد الكترود التحكم ، يتغير مقاس ذلك الجزئ من سطح الكاثود الذى يكون المجال عنده معجلا ، اى يتغير مقاس الجزء الذى يستطيع ان يشع الالكترونات . فاذا كان الجهد السالب المسلط على الكترود التحكم غير كبير (بالقيمة المطلقة) ، فان سطح الكاثود القادر على الابتعاث يعمل بكامله ، بحيث يبتعث تيارا كبيرا . واذا زاد الجهد السالب ، فان ذلك الجزئ الذى يشع الالكترونات يصبح اصغر مساحة ، فيقل تيار الابتعاث . وهكذا يمكن التحكم فى شدة حزمة الالكترونات .

ولكن تغير جهد الكترود التحكم يؤدى الى تغير مكان نقطة التقاطع ، بحيث تصبح ابعد عن الكاثود كلما اقترب هذا الجهد (السالب) من الصفر ، وتزداد قربا من الكاثود كلما زاد الجهد (بالقيمة المطلقة) ، كما يؤدى الى تغير سطح مقطع حزمة الالكترونات فى نقطة التقاطع ، اذ يتوقف سطح المقطع على مساحة الجزئ الفعال من الكاثود . ويترتب على تغير مكان نقطة التقاطع وتغير مساحة مقطع حزمة الالكترونات فيها ان تتغير دقة تركيز حزمة الالكترونات على الشاشة . وهكذا يؤثر الجهد المسلط على الكترود التحكم تأثيرا كبيرا على بيان الصورة .

هذا وان مجموعة الابتعاث الثلاثية الالكترودات هى ابسط مجموعات الابتعاث ، وهى تتصف بعدة عيوب ، اهمها :

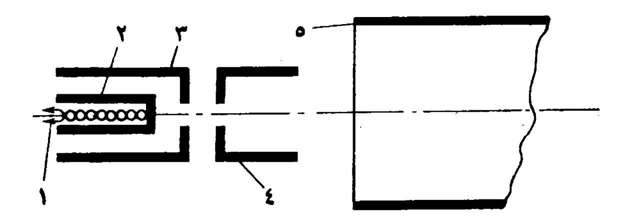
أ ــ صعوبة تغيير القيم المميزة للمجموعة ، وخاصة القيم البصرية الالكترونية (اى القيم المتعلقة بتركيز الالكترونات) ، اذ ان الجهد المسلط على الانود يختار بحيث نحصل على النصوع اللازم للشاشة ، بينما يتحدد جهد الكترود التحكم بالاشارة المسلطة عليه .

ب – تبعية تيار الشعاع لجهد الانود ، وهى مضرة جدا طالما ان من الصعب تثبيت (تنظيم) هذا الجهد الذى يبلغ ١٢ – ١٦ كيلوفولط . ويؤدى تغير تيار الشعاع تبعا لجهد الانود الى تغيير غير مرغوب فيه لنصوع الشاشة الذى يتغير ايضا تغيرا اضافيا بسبب تبعية طاقة الالكترونات لذلك الجهد .

ج – اختلال تركيز حزمة الالكترونات عند تغير جهد الكترود التحكم نتيجة لتغير مكان نقطة التقاطع وسطح مقطع الحزمة فيها وزاوية تفرق الالكترونات المنبعثة منها .

ويتم التخلص من هذه العيوب لدرجة كبيرة باستخدام مجموعة ابتعاث رباعية الالكترودات (الشكل ٥ – ٣) ، تمتاز بوجود الالكترود المعجل الحاجب .

٣ – مجموعة التركيز : ينبغى ان تشكل هذه المنظومة على الشاشة صورة لـ « شئ » يمثله اصغر مقطع لحزمة الالكترونات تنتجه مجموعة الابتعاث .



الشكل ٥ –٣. مجموعة الابتعاث رباعية الالكترودات : ١ – فتيلة التسخين ؛ ٢ – الكاثود ؛ ٣ – الكترود التحكم ؛ ٤ – الالكترود المعجل ؛ ٥ – الانود

ويمثل هذا « الشئ » فى انابيب الصورة مقطع الحزمة فى نقطة التقاطع ، بينما يمثله فى انابيب التصوير مقطع الحزمة فى فتحة الحاجز المستخدم فى مدفع الالكترونات . وتسمى صورة ذلك « الشئ » ، المتكونة على الشاشة (اى مقطع حزمة الالكترونات عند الشاشة) النقطة الالكترونية او الفتحة .

ولما كانت كثافة تيار الشعاع تتناقص تدريجيا من مركز النقطة او الفتحة الى اطرافها ، فمن المهم تحديد المقاس الفعال لها (طالما انه لا يساوى الصفر بخلاف مقاس النقطة الرياضية) . وينبغى ان يكون مقاس النقطة الالكترونية او الفتحة مساويا تقريبا لمقاس عنصر الصورة او اصغر

منه . ويتحدد مقاس عنصر الصورة (او عرض خط المسح) بحاصل قسمة ارتفاع الهيكل الخطى (ارتفاع الشاشة) على عدد خطوط المسح .

ويتم تركيز حزمة الالكترونات بواسطة عدسة الكتروستاتية او مغنطيسية ، ويمكن ضبط التركيز بتغيير جهد احد الكترودات العدسة الالكتروستاتية (الكترود التركيز) ، او بتغيير تيار ملف التركيز المغنطيسى ، او بتغيير وضع مغنطيس دائم ، حسب نوع عدسة التركيز المستخدمة .

ولكى يكون التركيز جيدا ، ينبغى ان يتم بدقة تطابق محور مجال التركيز مع محور حزمة الالكترونات ، والا ستنتج على الشاشة نقطة الكترونية ذات ابعاد كبيرة وشكل غير صحيح . وتتحدد دقة تطابق المحورين فى حالة التركيز الالكتروستاتى بدقة صنع مدفع الالكترونات ، بينما تتحدد فى حالة التركيز المغنطيسى الكهربائى بدقة تصميم ملف التركيز ودقة تركيبه على عنق الانبوب .

وتتصف كل من طريقتى التركيز الالكتروستاتية والمغنطيسية بعدة مزايا وعيوب .

وتمتاز طريقة التركيز المغنطيسى بانها تتطلب مدفع الكترونات ابسط تصميما وتلزم لصنعه دقة اقل ، فيكون الانبوب اقل تكلفة ، رغم ان الانبوب ومنظومة التركيز المغنطيسى معا هما اكثر تكلفة ووزنا وحجما .

وتتطلب طريقة التركيز المغنطيسى الكهربائى قدرة اكبر من القدرة اللازمة للتركيز الالكتروستاتى .

وتمتاز طريقة التركيز الالكتروستاتى بانها تؤمن استقرارا افضل للتركيز ، اذ ان جهود الكترودات التركيز الالكتروستاتى تبقى بعد ضبطها ثابتة القيمة لمدة طويلة ، بينما تنخفض تدريجيا شدة تيار ومجال التركيز المغنطيسى ، نتيجة لزيادة مقاومة ملفات التركيز بسبب تسخينها التدريجى بالتيار المار فيها . ولكى لا يختل التركيز المغنطيسى يجب ضبط تيار التركيز المغنطيسى من حين الى آخر ، او ينبغى تنظيم التيار اوتوماتيا .

وتسبب طريقة التركيز الالكتروستاتى مقادير كبيرة من الزيغ (خاصة الزيغ الكروى) ، فيما اذا كان تيار الشعاع كبيرا جدا ، كما فى انابيب

الصورة المخصصة للاسقاط . ولذلك تستخدم فى هذه الانابيب طريقة التركيز المغنطيسى ، بينما تستخدم احدث طرازات انابيب الصورة المخصصة للرؤية المباشرة (الانابيب العادية ذات الشاشات المستطيلة) طريقة التركيز الالكتروستاتى . ويستخدم التركيز الالكتروستاتى ايضا فى بعض انابيب التصوير ، حيث يكون تيار الشعاع وقطره صغيرين لدرجة ان الزيغ (الكروى) ضيئل جدا فى هذه الانابيب . ولكن طريقة التركيز الالكتروستاتى ، والتركيز المغنطيسى بملف قصير يسببان مقادير كبيرة من الزيغ اللونى اذا كانت الكترونات الشعاع الماسح بطيئة نسبيا ، كما فى بعض انابيب التصوير . ولذلك يتم التركيز فى الانابيب التى تستخدم للمسح الكترونات بطيئة بواسطة ملف تركيز طويل .

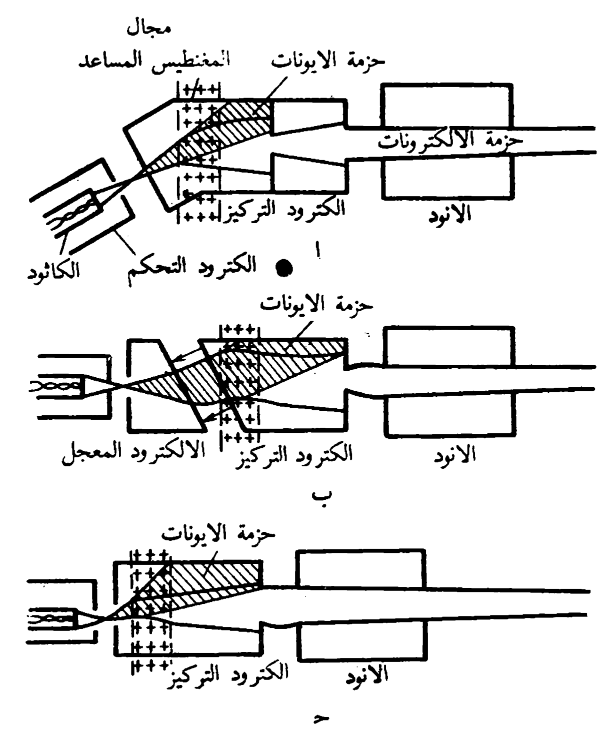
٤ – ابتعاث الايونات : يؤدى اصطدام الكترونات الشعاع الماسح بجزيئات الغازات المتبقية فى الانبوب الى تأين هذه الجزيئات . وتتسارع الايونات الموجبة الناتجة عن ذلك بتأثير المجال الكهربائى الذى يوجهها نحو الكاثود ، فتصطدم بالكاثود وخاصة بجزئه الاوسط ، مما يسئ الى الطبقة القادرة على الابتعاث فيقصر عمر الكاثود . ولذلك ينبغى ان يكون الانبوب مفرغا تفريغا جيدا ، بحيث يكون تأثير الايونات الموجبة ضئيلا لدرجة كافية .

اما الايونات السالبة فهى تنتج عن اصطدام الكترونات الشعاع بجزيئات الغاز ، كما تنتج عن اصطدامها بسطوح الحواجز غير النقية ، وتنتج ايضا عن اصطدام الايونات الموجبة بالكاثود . ويؤثر المجال الكهربائى على الايونات السالبة تأثيرا مماثلا لتأثيره على الالكترونات ، فتتسارع الايونات السالبة وتتجه مع الالكترونات نحو الشاشة .

واذا كان تركيز وانحراف حزمة الالكترونات يتم بواسطة المجال الكهربائى ، فان الايونات السالبة تتركز وتنحرف مثل الالكترونات ويكون تأثيرها مكافئا لزيادة حزمة الالكترونات . اما اذا كان تركيز الشعاع وانحرافه يتم بواسطة مجال مغنطيسى ، فان الايونات السالبة لا تتركز ولا تنحرف عمليا ، طالما ان المجال المغنطيسى يؤثر على اى جسيمة مشحونة بقوة متناسبة عكسيا مع الجذر التربيعى لكتلة الجسيمة ، اى يؤثر على اخف ايون (البروتون او

ايون الهدروجين) تأثيرا اضعف بنسبة $1/\overline{1840}$ ، او حوالى ٤٣ مرة من تأثيره على الالكترون . وهكذا تصطدم الايونات السالبة بالشاشة فى حالة التركيز والانحراف المغنطيسى بدون ان تكون مركزة وبدون ان تنحرف . ولما كانت النسبة الاكبر من الايونات تصطدم بالشاشة فى جزئها الاوسط ، فان اصطدامها المستمر بها بدون انحراف يسبب تلف (احتراق) الجزء الاوسط من الشاشة ، فيقل ضياؤه ويبدو للمشاهد على شكل بقعة قليلة السطوع تسمى البقعة الايونية . واذا استخدم الانحراف المغنطيسى والتركيز الالكتروستاتى ، فان الايونات تتركز فى بقعة اضيق بكثير .

وتتم حماية الشاشة من الاحتراق الايونى بتغطيتها من الداخل بغشاء من الالومنيوم « شفاف » بالنسبة الى الالكترونات الكبيرة السرعة ، وغير « شفاف » بالنسبة الى الايونات الثقيلة .



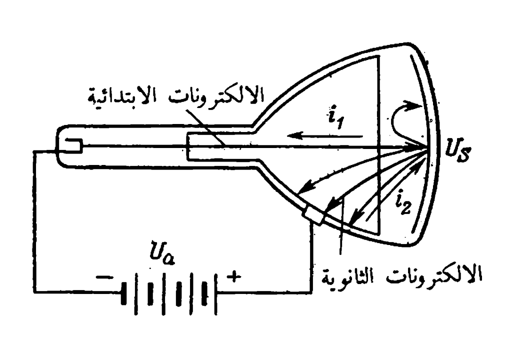
الشكل ٥ — ٤. مدفع الكترونات ذو مصيدة ايونات : أ — بالكترود تركيز معقوف ؛ ب — بالكترود مقصوص قصا مائلا

ويمكن ان تستبعد جذريا امكانية ظهور البقعة الايونية باستخدام مدفع الكترونات ذى مصيدة ايونات . وتوجد انواع عديدة لمصايد الايونات ، ولكنها كلها مبنية على ان المجال المغنطيسى يحرف حزمة الالكترونات اكثر بكثير من الايونات . ويبين الشكل ٥ ــ ٤ تصميمين لمصيدة الايونات . ويحتاج مغنطيس مصيدة الايونات الى ضبط دقيق ، اذ ان مجاله يتفاعل مع مجال الانحراف ، مما يزيد صيانة مدفع الالكترونات تعقيدا .

البند ٥ ــ ٢ جهد السطح المقذوف بحزمة الكترونات

ان عمل انابيب اشعة الكاثود يعتمد الى حد بعيد على جهد السطح المقذوف بالكترونات الشعاع الماسح . ويتحدد هذا الجهد فى بعض انواع الانابيب (كما فى الفيديكون وانبوب الصورة ذى الشاشة المؤلمنة) بالجهد المسلط على طبقة معدنية رقيقة تغطى السطح المقذوف . ولكنه يتحدد فى الانابيب التى يكون فيها السطح المقذوف معزولا (كما فى اغلب الانابيب) بعملية الابتعاث الثانوى .

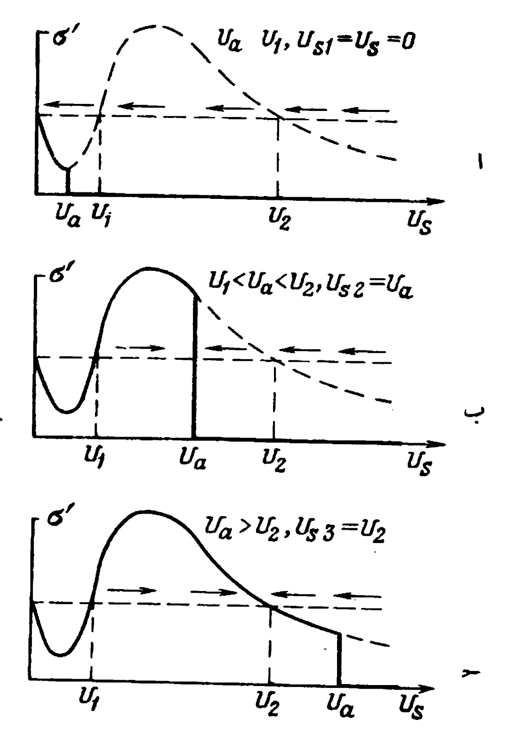
ويبين الشكل ٥ ــ ٥ سريان تيارات الالكترونات القاذفة والالكترونات الثانوية فى انبوب صورة (ذى شاشة غير مؤلمنة) . والسطح المقذوف فى هذه الحالة هو سطح الشاشة المطلى بمادة متفسفرة عازلة ، ويناظره فى انابيب التصوير لوح الهدف . ويقوم بجمع الالكترونات الثانوية التى يبتعثها السطح المقذوف الانود (المجمع) ذو الجهد الموجب .



الشكل ٥ ــ ٥ . رسم يوضح سريان تيارات الالكترونات فى انبوب الصورة

واذا كان جهد الانود U_a اعلى من جهد السطح U_s ، فان الانود يجتذب كل الالكترونات الثانوية . اما اذا كان U_s اعلى من U_a ، او قريبا منه ، فان

الانود لن يستطيع اجتذاب الالكترونات الثانوية ، فتعود كلها او جزء منها الى السطح المقذوف . ويرمز الرمز i_1 فى الشكل ٥ — ٥ للتيار المتكون من الالكترونات الواردة الى السطح المقذوف ، اى الكترونات الشعاع الماسح والالكترونات الثانوية التى تعود الى السطح المقذوف (ويعتبر اتجاه التيار ، كما متعارف عليه ، معاكسا لاتجاه حركة الالكترونات) . ويرمز الرمز i_2 لتيار الانود ، اى التيار المتكون من الالكترونات الثانوية التى تستطيع الوصول الى الانود . وتسمى النسبة $\sigma' = \frac{i_2}{i_1}$ معامل الابتعاث الثانوى الظاهرى . وهى تساوى معامل الابتعاث الثانوى σ (نسبة عدد الالكترونات الثانوية كلها الى عدد الالكترونات القاذفة) فى الحالة التى يكون فيها الانود قادرا على اجتذاب الالكترونات الثانوية كلها ، اى $\sigma' = \sigma$ عندما $U_s < U_a$. وفى هذه الحالة تتغير قيمة σ' بتغير قيمة جهد السطح U_s ، حسب المنحنى الذى يبين علاقة σ بالجهد المعجل للالكترونات القاذفة (وهذا الجهد هو هنا جهد السطح U_s الذى يحدد سرعة الالكترونات عند السطح المقذوف) . ولقد سبق ان بينا شكل منحنى العلاقة بين σ والجهد المعجل فى الشكل ٣ — ٦ ، وهو مبين ايضا فى الشكل ٥ — ٦ (المنحنيات المنقطة) . ويلاحظ من هذا الشكل ان تبعية σ' للجهد U_s (المنحنيات المتصلة الغامقة) مطابقة لتبعية σ له فى الجزء الذى يوافق $U_s < U_a$.



الشكل ٥ — ٦ . منحنيات العلاقة بين معامل الابتعاث الثانوى الظاهرى وجهد السطح المقذوف ، عند قيم مختلفة لجهد الانود

5*

اما اذا كان جهد السطح اعلى من جهد الانود ($U_s > U_a$) ، فان المجال المبطئ الذى ينشأ فى هذه الحالة يمنع الالكترونات الثانوية من الوصول الى الانود ، ويضطرها للعودة الى السطح المقذوف . وهكذا يكون تيار الانود فى هذه الحالة مساويا الصفر (نتيجة لعدم وصول الكترونات الى الانود) ، اى ان معامل الابتعاث الثانوى الظاهرى يساوى فى هذه الحالة الصفر ايضا ($\sigma' = 0$) .

وكما ان قيمة σ' تتوقف على قيمة جهد السطح المقذوف U_s ، كذلك يعتمد الجهد U_s على قيمة σ' . فاذا كان $\sigma' < 1$ ، اى اذا كانت الالكترونات التى يبتعثها السطح المقذوف اقل من الالكترونات الواردة اليه ، فان السطح يكتسب شحنة سالبة ويتناقص جهده . واذا كان $\sigma' > 1$ ، فان السطح يكتسب شحنة موجبة ويتزايد جهده . ويتوقف تغير الجهد U_s فى الحالة $\sigma' = 1$ فقط ، عندما يتوازن عدد الالكترونات التى يبتعثها السطح وعدد الالكترونات الواردة اليه . وتسمى قيمة الجهد فى هذه الحالة جهد التوازن . ويصل جهد السطح الى هذه القيمة بعد ان يتغير تغيرا تحدده القيمة الابتدائية لجهد السطح وقيمة جهد الانود والعلاقة المتبادلة بين U_s و σ' . وتبين الاسهم فى الشكل ٥ ـ ٦ اتجاه تغير جهد السطح حتى يصل الى جهد التوازن ، فى ثلاث حالات اساسية :

أ) عندما يكون جهد الانود U_a اقل من U_1 يستقر جهد السطح فى هذه الحالة عند القيمة $U_{s1} = 0$ (وذلك لأن قيمة σ' فى هذه الحالة تكون اكبر من الصفر عندما $U_s < U_a < U_1$ ، اى تكون اصغر من الواحد اذا كان $U_s > 0$ ، مما يؤدى الى انخفاض جهد السطح الى الصفر حتى $\sigma' = 1$) .

ب) عندما يكون جهد الانود بين U_1 ، U_2 ($U_1 < U_a < U_2$) ، يستقر جهد السطح عند القيمة $U_{s2} = U_a$ (وعند هذه القيمة $\sigma' = 1$ رغم ان $\sigma > 1$) .

ج) عندما يكون جهد الانود اكبر من U_2 ، يثبت جهد السطح المقذوف عند القيمة $U_{s3} = U_2$.

ومن الممكن نظريا ان يكون جهد التوازن مساويا ايضا U_1 ، الا ان هذه

الحالة غير مستقرة ، اذ ان اى انحراف ضيئل لقيمة جهد السطح U_s عن U_1 يؤدى الى المزيد من تغير U_s ، حتى يصبح الجهد U_s مساويا جهد التوازن المستقر ، المناظر لقيمة جهد الانود حسب الحالات الثلاث المذكورة .

هذا وان تأثير السرعات الابتدائية للالكترونات التى يبتعثها الكاثود يجعل جهد التوازن U_{s1} اصغر من الصفر (اى اصغر من جهد الكاثود) ، كما ان تأثير السرعات الابتدائية للالكترونات الثانوية يجعل U_{s2} اكبر من جهد الانود . ويختلف U_{s1} عن الصفر ، كما يختلف U_{s2} عن U_a بعدة فولطات .

وتستخدم الحالة الاولى ($U_a < U_1$) فى انابيب التصوير التى يتم فيها المسح بحزمة الكترونات بطيئة (كما فى الاورثيكون واورثيكون الصورة وبعض انواع الفيديكون) . وتستخدم الحالة الثانية ($U_1 < U_a < U_2$) فى انابيب الصورة ذات الشاشة غير المؤلمنة وفى بعض انواع انابيب التصوير (الايكونوسكوب وايكونوسكوب الصورة) . اما الحالة الثالثة ($U_a > U_2$) فيفضل عدم استخدامها ، لان جهد السطح المقذوف لا يمكن ان يزيد عن U_2 مهما ازداد جهد الانود . وطالما ان جهد السطح المقذوف هو الذى يحدد

الجدول ٥ — ١

المادة المتفسفرة	سيليكات الزنك وغيرها من مركبات السيليكات	كبريتيد الزنك	كبريتيد وسيلينيد الزنك	كبريتيد وسيلينيد الزنك والكادميوم	كبريتيد الزنك والكادميوم	تنجستينات الكلسيوم	زجاج متفسفرة (لونكس)
الجهد الاقصى (بالكيلوفولطات)	٦,٥—١٠	٨—١٢	١٦—٢٥	٣٥	٧—١٢	٤,٥—٥	٥

سرعة الالكترونات القاذفة ، لذلك تتحدد السرعة القصوى للالكترونات بقيمة الجهد U_2 . وهذا يعنى ان الحصول على السرعة اللازمة لتأمين نصوع كاف للشاشة يتطلب استخدام مواد متفسفرة تمتاز بقيمة عالية للجهد الاقصى

U_2 ، او يتطلب المنة الشاشة (طالما ان الالمنة تسمح بجعل الجهد المعجل للالكترونات القاذفة مساويا للقيمة التى نريدها ، مهما كان نوع المادة المتفسفرة) .

ويبين الجدول ٥ ــ ١ قيم الجهد الاقصى U_2 لبعض المواد المتفسفرة .

البند ٥ ــ ٣ الضيائية الكاثودية

الضيائية هى خاصية تحويل شكل من اشكال الطاقة (الطاقة الاشعاعية ، البيولوجية ، الكيميائية او طاقة الالكترونات القاذفة) الى طاقة ضوئية .

وتفسر الضيائية بان بعض الكترونات المواد التى تمتلك هذه الخاصية تمتص كمات الطاقة (الاجزاء الصغيرة التى تتألف منها الطاقة)، فيرتفع كل الكترون من المستوى الذي كان يشغله فى الذرة الى مستوى اعلى ، ثم يشع جزءا من طاقته على شكل فوتون (كم من كمات الضوء) ، ليهبط الى مستواه السابق ، او الى مكان شاغر اخر من مستويات الذرة (مستويات الطاقة) ، الى ان يأتى كم اخر من كمات الطاقة يجعله يرتفع من جديد الى مستوى اعلى ، ليعود فيشع فوتونا اخر من فوتونات الضوء ، وهكذا تستمر عملية الضياء . ويتحدد لون الضياء او تردد الاشعاع الضوئى بالفرق ΔE بين مستويى الطاقة اللذين ينتقل بينهما الالكترون ، حسب العلاقة $f = \frac{\Delta E}{h}$ ، حيث f هو تردد الاشعاع ، h هو ثابت بلانك .

والضيائية نوعان : فلورية وهى تتميز بان الضياء يزول بزوال المؤثر (بعد حوالى 10^{-8} من الثانية او اقل) ، وفوسفورية ، وهى تتميز بان الضياء يستمر فترة طويلة نسبيا بعد زوال المؤثر .

وتسمى الضيائية فى الحالة التى ينتج فيها الضياء عن القذف بحزمة الكترونات سريعة بالضيائية الكاثودية ، وهى تستخدم على نطاق واسع فى انابيب الصورة التلفزيونية .

وتستخدم اغلب الشاشات التلفزيونية الضيائية الفوسفورية ، اى ان ضياء كل نقطة من نقاط الشاشة يستمر فترة معينة بعد ابتعاد حزمة الالكترونات

عنها . وتسمى المواد التى تمتلك خاصية الضيائية الفوسفورية المواد المتفسفرة .
وتسمى خاصية استمرار الضياء بعد ايقاف القذف بالالكترونات مداومة
المادة المتفسفرة .

وتصنع الشاشات التلفزيونية من اكثر المواد المتفسفرة فعالية فى تحويل
طاقة الالكترونات القاذفة الى طاقة ضوئية مثل سليكات ، كبريتيد ، وفوسفات
بعض المعادن كالزنك ، الكادميوم الكالسيوم ، المغنسيوم ، والبرليوم . ويتم
تحسين ضيائية (فعالية) هذه المواد باضافة شوائب خاصة اليها بنسبة تبلغ
اجزاء من واحد فى المائة . وتسمى هذه الشوائب المنشطات . وتستخدم منها
عادة المعادن ذات التكافؤ المتعدد القيم مثل النحاس ، الفضة ، المنجنيز ،
التيتانيوم ، الكروم ، السريوم ، والبزموت .

ويؤثر نوع المنشط وكميته تأثيرا كبيرا على لون الضياء ومدة المداومة .
فمثلا يضئ كبريتيد الزنك بلون ازرق فاتح شاحب فيما اذا كان نقيا ،
ولكنه يضئ بلون ازرق اذا نشط بقليل من الفضة او بلون احمر اذا زيدت
كمية الفضة ، ويضئ بلون اخضر مزرق اذا نشط بالنحاس ، وبلون احمر
اذا نشط بالمنجنيز .

ويفسر تأثير المنشطات على خواص المواد المتفسفرة بانها عندما تضاف
الى هذه المواد تسبب ظهور مستويات طاقة جديدة تسهل عملية امتصاص
واشعاع الطاقة من قبل الالكترونات ، فتتحسن فعالية الضياء وتظهر موجات
ضوئية اضافية تعتمد تردداتها (وهى تحدد لون الضياء) على مستويات الطاقة
التى ظهرت بعد اضافة المنشطات .

ومهما كانت فعالية المواد المتفسفرة عالية ، تبقى هذه المواد عاجزة
عن تحويل الطاقة الحركية للالكترونات كلها الى طاقة ضوئية ، اذ ان جزءا
من تلك الطاقة يتحول الى طاقة حركية للالكترونات الثانوية ، كما ان جزءا
اخر يتحول الى طاقة حرارية .

ويمكن ان تكون كمية الحرارة الناتجة عن قذف المادة المتفسفرة
بالالكترونات كافية لحدوث احتراق فى مكان القذف . ويحدث ذلك فى
انبوب الصورة اذا توقف الشعاع الماسح فى نقطة واحدة على الشاشة ، او

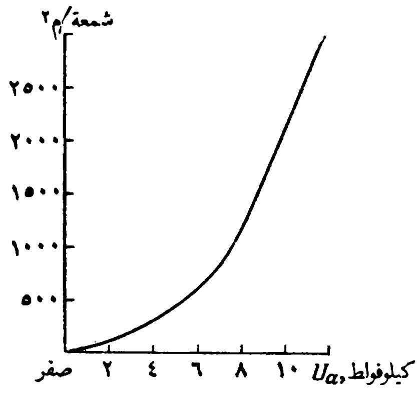
اذا تقلصت المساحة التى يقوم بمسحها تقلصا شديدا (اذا كان يسمح خطا واحدا فقط مثلا) نتيجة خلل فى عملية انحراف الشعاع . وفى هذه الحالة تحدث تغىرات ، لا يمكن ازالتها ، فى مكان قذف الشاشة ، مما يؤدى الى انخفاض شدة الضياء فى هذا المكان .

البند ٥ ــ ٤ بارامترات الشاشات وخواصها المميزة

ان ضياء الشاشات يتصف بعدة بارامترات (كميات تتغير قيمها من شاشة الى اخرى) ومنحنيات مميزة ، تحدد نصوع الشاشة وطيف الاشعاع وخاصية المداومة .

١ ــ نصوع الشاشة : ينبغى ان تصنع الشاشة من مادة متفسفرة قادرة على اعطاء نصوع كبير .

وتحل مسألة اختيار المادة المتفسفرة عند تصميم وصناعة انبوب الصورة . ويتحدد نصوع الانبوب الجاهز بالجهد المعجل للالكترونات القاذفة وكثافة هذه الالكترونات .



الشكل ٥ ــ ٧ . علاقة نموذجية بين متوسط نصوع الشاشة والجهد المعجل ، عند ثبات كثافة التيار

ومن الواضح ان النصوع يزداد بزيادة الجهد المعجل ، اذ ان هذا الجهد هو الذى يحدد طاقة الكترونات الشعاع الماسح . وكلما زادت طاقة الالكترونات ، زاد عمق نفوذها الى داخل المادة المتفسفرة . ولذلك تؤدى زيادة الجهد المعجل الى زيادة عدد طبقات المادة المتفسفرة التى تشارك فى عملية الضياء ، وبهذا يزداد النصوع . ويتناسب النصوع مع الجهد المعجل مرفوعا الى قوة يتراوح اسها بين ١ ــ ٢,٨ ، فيساوى مثلا ١,٥ تقريبا اذا

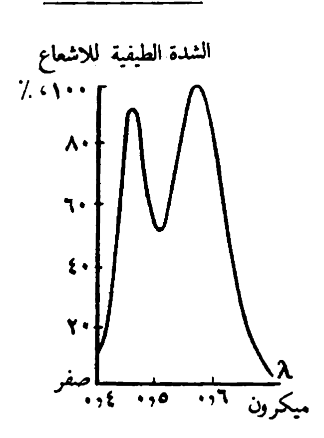
كانت الشاشة مصنوعة من السيليكات ، ويساوى حوالى ٢ اذا كانت الشاشة من الكبريتيد . ويبين الشكل ٥ ــ ٧ نمطا لمنحنى يمثل العلاقة بين النصوع B والجهد المعجل U_a عند ثبات كثافة تيار الشعاع .

ويتغير النصوع عند تغير كثافة تيار الشعاع حسب علاقة خطية تقريبا (اى يتناسب النصوع مع كثافة الشعاع طرديا تقريبا) ، اذا لم تتعد كثافة الشعاع حوالى ١ ميكروامبير/سم٢ (اى حوالى ١٠٠ ميكروامبير على مليمتر مربع من الشاشة) . وعندما تزيد كثافة الشعاع عن هذه القيمة تقريبا ، تقل تدريجيا الزيادة النسبية فى قيمة النصوع نتيجة لاقتراب عملية الضياء من حد التشبع .

ويتم التحكم فى نصوع الشاشة بتغيير جهد الكترود التحكم ، طالما ان تيار الشعاع يتوقف على هذا الجهد . ولذلك من المهم عمليا معرفة منحنى العلاقة بين النصوع وجهد الكترود التحكم لكل طراز من انابيب الصورة .

وتتراوح قيمة اقصى نصوع للشاشات التلفزيونية العادية بين ٣٠ ــ ٣٠٠ شمعة/م٢ ، بينما يبلغ اقصى نصوع لشاشات انابيب الاسقاط ١٠٠٠ ــ ٥٠٠٠ شمعة/م٢ ويصل احيانا الى ١٠٠٠٠٠ شمعة/م٢ (بواسطة جهد معجل قدره ٨٠ كيلوفولط وشعاع كثافته ١٠ ميكروامبير/سم٢) .

٢ ــ طيف الاشعاع : يتمثل طيف الاشعاع عادة بمنحنى تبعية الشدة النسبية للاشعاع (نسبة شدة الاشعاع عند اى موجة الى شدة الاشعاع القصوى) لطول موجة الاشعاع . ويتصف المنحنى الطيفى لاشعاع جميع المواد المتفسفرة المعروفة بعدم انتظام لدرجة كبيرة . ولكى يكون ضياء الشاشة التلفزيونية ابيض اللون ، تتم صناعتها من مادتين او ثلاث من المواد المتفسفرة التى تتركز اشعاعاتها فى نطاقات مختلفة من الطيف . ويبين الشكل ٥ ــ ٨ المنحنى الطيفى لاشعاع شاشة تضئ بلون ابيض تقريبا.



الشكل ٥ ــ ٨ . المنحنى الطيفى لاشعاع شاشة بيضاء الضياء

ويوضح الشكل ان طيف هذا الاشعاع هو ايضا غير منتظم وتوجد فيه قمتان ، مع ان الاشعاع يبدو للعين ابيض اللون تقريبا (كما لوكان طيفه منتظما) .

٣ – الثابت الزمنى لمداومة الشاشة ومدة المداومة : تتصف المواد المتفسفرة عادة بانه اذا تعرضت نقطة منها لتأثير حزمة الكترونات ثم انقطع التأثير ، فان نصوع تلك النقطة يتناقص حسب علاقة اسية تقريبا :

$$B_t \approx B_0 e^{-t/\tau} \qquad (5.1)$$

حيث B_0 هو النصوع فى لحظة انقطاع تأثير حزمة الالكترونات ،

B_t هو النصوع بعد مرور فترة t منذ لحظة انقطاع التأثير .

اما τ ، فهو الثابت الزمنى للمداومة ، اى هو الفترة الزمنية التى يتضاءل خلالها النصوع بنسبة تساوى $\frac{1}{e} \approx 0.37$ (مع العلم ان e هو اساس اللوغاريتمات الطبيعية) . ويعتبر ان مدة المداومة هى الفترة التى يتناقص خلالها النصوع حتى القيمة المساوية ١ ٪ من القيمة الابتدائية B_0 . وتصنف قيم مدة المداومة كما يلى :

١ – قصيرة جدا : اقل من ١٠^{–٥} ثانية ؛
٢ – قصيرة : بين ١٠^{–٥} – ١٠^{–٢} ثانية ؛
٣ – متوسطة : بين ١٠^{–٢} – ١٠^{–١} ثانية ؛
٤ – طويلة : بين ١٠^{–١} – ١٦ ثانية ؛
٥ – طويلة جدا : اكثر من ١٦ ثانية .

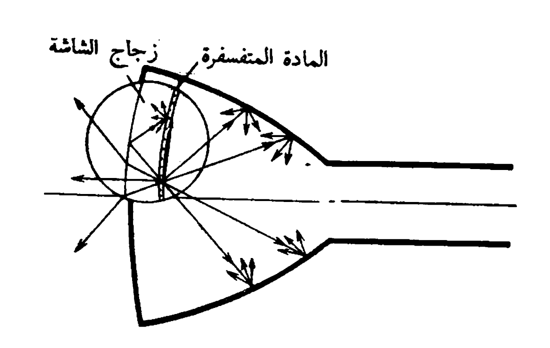
وتمتاز الشاشات المستخدمة فى انابيب الصورة العادية بانها ذات مدة مداومة متوسطة .

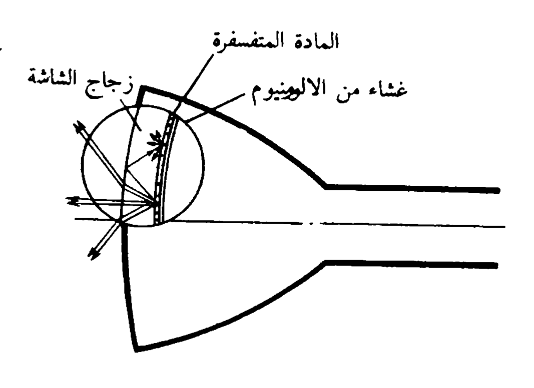
٤ – فعالية التحويل والفعالية الضيائية : ان نسبة الطاقة الضوئية التى تشعها الشاشة الى الطاقة الكهربائية (الحركية) للالكترونات القاذفة تسمى فعالية (كفاءة) التحويل . وتتراوح قيمتها لمختلف المواد المتفسفرة بين ١ – ١٠ ٪ اذا كان الجهد المعجل ١٢ – ٨٠ كيلوفولط . وهى تزيد بزيادة الجهد المعجل وتنقص بزيادة كثافة تيار الشعاع .

اما نسبة الشدة الضيائية لاشعاع الشاشة الى القدرة المستهلكة (قدرة حزمة الالكترونات القاذفة) ، فهي تسمى الفعالية (الكفاءة) الضيائية . وهي تتوقف على نوع المادة المتفسفرة والجهد المعجل وكثافة تيار الشعاع وعوامل اخري . وتبلغ قيمتها للانابيب العادية التى تعمل بجهد معجل قدره ١٤ — ١٨ كيلوفولط وكثافة شعاع قدرها ١،٠ — ١ ميكروامبير/سم² حوالى ٢ — ٣ شمعة/واط اذا كانت الشاشة غير مؤلمنة ، و٣ — ٥ شمعة/واط اذا كانت الشاشة مؤلمنة . اما الفعالية الضيائية لانابيب الاسقاط التى تعمل بجهد قدره ٦٠ — ٨٠ كيلوفولط ، فهي تبلغ ٨ — ١٠ شمعة/واط .

٥ — انعكاسات الضوء ونسبة التباين : يبين الشكل ٥ — ٩ اتجاهات الاشعة الضوئية الناتجة عن ضياء نقطة من الشاشة بتأثير الشعاع الالكتروني .

وقد رسم الجزء المحيط بهذه النقطة مكبرا بنسبة كبيرة ضمن حدود الدائرة المبينة فى الشكل . ويوضح هذا الشكل ان نسبة كبيرة من الضوء الذى تشعه الشاشة (حوالى ٥٠ ٪) يتجه الى داخل الانبوب (اذا كانت الشاشة غير مؤلمنة) . ويضيع هذا الجزء بدون فائدة ، لا بل انه يسئ جدا الى جودة الصورة ، اذ ينعكس عن جدران الانبوب ويرتد نحو الشاشة ، او يتجه من النقطة المضيئة نحو نقاط اخرى من نقاط الشاشة مباشرة (بسبب انحناء الشاشة) ، فيضئ شتى اجزاء الشاشة . ويؤدى هذا

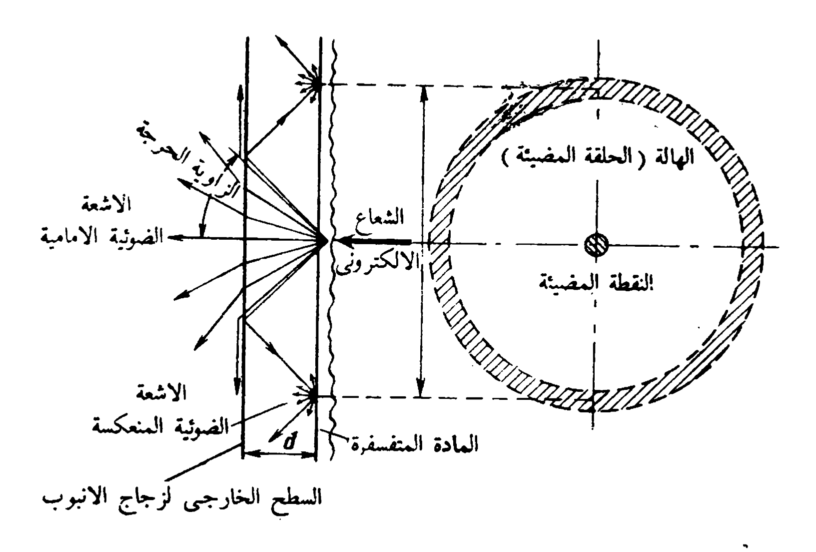




الشكل ٥ — ٩ . توزع الضوء فى أنبوب صورة عادى (أ) ومؤلمن (ب)

الى انخفاض نسبة تباين الصورة (نسبة النصوع الاقصى او نصوع التفاصيل البيضاء الى النصوع الادنى او نصوع التفاصيل السوداء) ، اذ ان نصوع الاجزاء التى يجب ان تكون مظلمة (التفاصيل السوداء) يزداد لدرجة محسوسة .

وينعكس حوالى ١٥ – ٢٥ ٪ من الضوء الذى تشعه النقطة المضيئة انعكاسا كليا عن زجاج الشاشة . وهو ايضا غير مفيد ، لا بل يسبب هالة غير مرغوب فيها حول تلك النقطة (الشكل ٥ – ١٠) . ويؤدى ظهور الهالات ،



الشكل ٥ – ١٠ . مسار الاشعة الصادرة عن النقطة المضيئة داخل زجاج الشاشة وتكون الهالة

مثل غيرها من الاضاءات غير المرغوب فيها ، الى انخفاض تباين الصورة (وخاصة تباين التفاصيل الصغيرة) .

وهكذا يستفاد فقط من حوالى ٢٥ – ٣٥ ٪ من ضياء الشاشة . ويمكن تقليص مقدار الضوء الضائع وآثاره المضرة تقليصا شديدا بتغطية الوجه الداخلى للشاشة بطبقة معدنية رقيقة . وتستخدم عادة طبقة رقيقة جدا من الالومنيوم « شفافة » للالكترونات وعاكسة للضوء . وتسمح هذه الطريقة (الالمنة) بزيادة شدة الضوء المستفاد منه بمرتين تقريبا ، وتحسن تباين التفاصيل

الكبيرة باكثر من ثلاث مرات . اما تباين التفاصيل الصغيرة ، فهو يتحسن بنسبة اقل ، طالما ان السبب الرئيسى لانخفاضه هو الهالات والاضاءة الجانبية لعناصر الصورة المجاورة .

واذا كانت نسبة التباين التى يمكن الحصول عليها فى حاله الشاشات غير المؤلمنة لا تتعدى ٣٠ للتفاصيل الكبيرة و ١٠ للتفاصيل الصغيرة ، فان الالمنة تسمح بزيادة نسبة تباين التفاصيل الكبيرة الى ١٠٠ ، مع انها لا تحسن كثيرا تباين التفاصيل الصغيرة .

ولكى يتحسن تباين التفاصيل الصغيرة وتباين الصورة كلها ، يصنع الجزء الامامى لانبوب الصورة من زجاج غامق (او يغطى زجاج شاشة انبوب الصورة الجاهز بغشاء او طلاء من الورنيش) . وينبغى ان يكون هذا الزجاج مرشحا متعادلا (رماديا) للضوء ، اى ينبغى ان يسبب توهينا متساويا لكل موجات الضوء (لكل الالوان) .

ويترتب على استخدام الزجاج الغامق ان تنخفض شدة ضوء الشاشة . واذا كان نصوع نقطة ما من الشاشة غير المغطاة بالزجاج الغامق هو B ، فان نصوع تلك النقطة يصبح مساويا $B\tau$ فى حالة تغطية الشاشة بالزجاج الغامق ذى الشفافية τ ، اى ينخفض نصوع تلك النقطة بالنسبة $\frac{1}{\tau}$ (طالما ان $\tau < 1$) . ولكن شدة الضوء المكون للهالة تقل بنسبة $\frac{1}{\tau^4}$ ، اذ ان هذا الضوء (الذى ينعكس مرتين بزاوية اكبر من الزاوية الحرجة θ_c ، كما يبين الشكل ٥ ــ ١٠) يجتاز داخل الزجاج طريقا ، طوله اكبر باربع مرات تقريبا من ثخانة الزجاج . ولذلك يقل النصوع النسبى للهالة بنسبة $\frac{1}{\tau^3}$ تقريبا . ومن المفيد جدا ايضا استخدام الزجاج الغامق لتحسين تباين الصورة عند مشاهدتها فى غرفة مضاءة . ففى هذه الحالة يسقط على الشاشة ضوء خارجى ، ينعكس عن الطبقة المتفسفرة (بنسبة تبلغ ٧٥ ٪) ، فيزيد نصوع كل اجزاء الشاشة ، سواء المضيئة (المناظرة للتفاصيل البيضاء من الصورة) ام المعتمة (المناظرة للتفاصيل السوداء) ، مما يؤدي الى انخفاض تباين الصورة .

واذا كان تباين الصورة فى حالة اظلام غرفة المشاهدة $\beta = \frac{B_{max}}{B_{min}}$ (حيث B_{max} ، B_{min} هما قيمتا النصوع الاقصى والنصوع الادنى) ، فان

اضافة نصوع قدره ΔB الى نصوع جميع تفاصيل الصورة فى حالة وجود ضوء خارجى تجعل التباين مساويا $\beta' = \frac{B_{max} + \Delta B}{B_{min} + \Delta B}$ ، فينخفض جدا كلما زاد النصوع الاضافى ΔB . واذا غطيت الشاشة بزجاج غامق ذى الشفافية τ فان التباين يصبح مساويا :

$$\beta'' = \frac{B_{max}\tau + \Delta B \cdot \tau^2}{B_{min}\tau + \Delta B \cdot \tau^2} = \frac{B_{max} + \Delta B \, 1 \, \tau}{B_{min} + \Delta B \cdot \tau}$$

لان الضوء الخارجى المنعكس يمر من خلال الزجاج مرتين (طالما انه ينعكس عن الطبقة المتفسفرة) ، بينما يمر الضوء الذى تشعه المادة المتفسفرة مرة واحدة من خلال الزجاج ، وهكذا فان الضؤ الخارجى المنعكس يصبح نسبيا اضعف ، فيتحسن التباين (وتزداد قيمته β'' ، كلما زادت τ) .

البند ٥ ــ ٥ المنة الشاشة

ذكرنا آنفا ضرورة تغطية الوجه الداخلى للشاشة بطبقة معدنية ، ويجب ان تكون هذه الطبقة :

أ) رقيقة جدا ، بحيث تكون « شفافة » للالكترونات القاذفة (ولكن غير « شفافة » للايونات) ؛

ب) غير شفافة للضوء ، وملساء جدا بحيث تعكس الضوء جيدا ؛

ج) موصلة جيدا ، بحيث يكون سريان تيار الانود حرا لدرجة كافية ؛

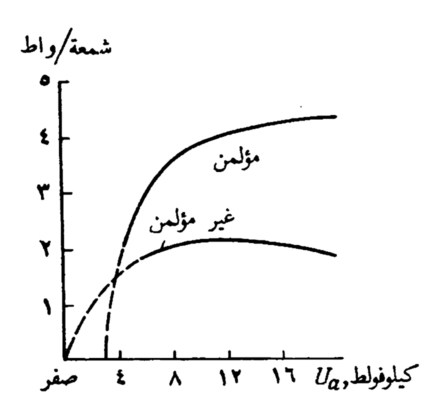
د) متينة جيدا ، بحيث تتحمل عمليات صناعة انبوب الصورة ، وقذف الالكترونات ايضا ؛

هـ) غير قابلة للتفاعل الكيميائى مع المادة المتفسفرة .

ولقد تبين ان طبقة رقيقة من الالومنيوم تحقق هذه المتطبات بكاملها افضل تحقيق .

وتسبب طبقة الالومنيوم فقد ٨٥ ٪ من طاقة الشعاع الالكترونى اذا كانت ثخانتها ٠,٥ ميكرون ، واذا كان الجهد المعجل هو ١٠ كيلوفولط . ولكن الفقد ينخفض الى ٤٣ ٪ فيما اذا كانت الثخانة ٠,٢ ميكرون ، وينخفض

الى ٢٣ ٪ اذا كانت ٠،١ ميكرون . وتنخفض نسبة الفقد بحدة ، كلما زاد الجهد المعجل . ويبين الشكل ٥ ــ ١١ العلاقة بين الفعالية الضيائية لانابيب الصورة والجهد المعجل عند ثبات تيار الشعاع فى حالتى الشاشات المؤلمنة وغير المؤلمنة . ويوضح الشكل انه اذا كان الجهد المعجل منخفضا ، فان فعالية الشاشات المؤلمنة تكون اقل ، مما يفسر بفقد الالكترونات لطاقة كبيرة فى طبقة الالومنيوم فى هذه الحالة . واذا كان الجهد المعجل مرتفعا ، فان فعالية الشاشات المؤلمنة تكون اكبر بكثير (نتيجة للاستفادة من الضوء الذى تشعه المادة المتفسفرة الى الداخل) . واذا كانت خواص الابتعاث الثانوى للمادة المتفسفرة سيئة نسبيا ، فان تفوق الانابيب ذات طبقة الالومنيوم يكون اكبر بكثير مما مبين فى الشكل .



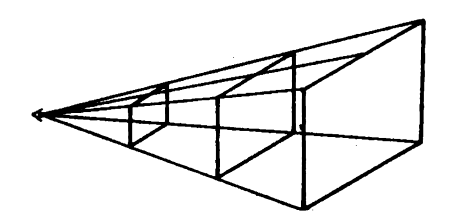
الشكل ٥ ــ ١١ . العلاقة بين الفعالية الضوئية لانبوب الصورة والجهد المعجل

وتستخدم الانابيب العصرية طبقة الومنيوم ثخانتها ٠،٠٥ ــ ٠،٥ ميكرون . وتزيد الفعالية الضيائية لهذه الانابيب عن فعالية الانابيب غير المؤلمنة ، اذا كان الجهد المعجل اعلى من ٤ ــ ٦ كيلوفولط .

البند ٥ ــ ٦ خصائص تصميم انابيب الصورة

١ ــ مقاس الشاشة : ان الانسان يقيم مقاس (ابعاد) الصورة بالقيمة الزاوية ، وليس بالقيمة المطلقة . والقيمة الزاوية لمقاس الصورة هى قيمة الزاوية بين الاشعة الواردة الى حدقة عين الانسان من النقاط الواقعة فى اطراف الصورة . وهكذا ، اذا شاهدنا الصور ذات الارتفاعات ١٠ سم ، ٢٤ سم ، ٣ م من المسافات ١ م ، ٢،٤ م ، ٣٠ م على الترتيب ، فان مقاسات تلك الصور تبدولنا متساوية (الشكل ٥ ــ ١٢) .

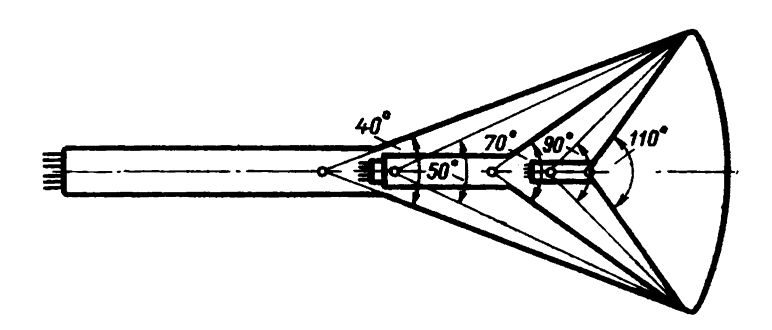
ولكى نرى الصورة التلفزيونية (وكذلك السينمائية)، بحيث نستطيع التمييز بين التفاصيل الدقيقة للصورة بكاملها لتبدو واضحة اكثر ما يمكن، وايتكون احسن انطباع عنها، ينبغى ان يكون المقاس الزاوى لارتفاع الشاشة



الشكل ٥ – ١٢ . الصور ذات الابعاد الزاوية المتساوية تبدو للمشاهد متساوية المقاس

حوالى ١٥ . وهذا يستلزم الا يزيد قطر الشاشة المستخدمة فى الغرف الصغيرة عن ٤٧ – ٥٩ سم (١٩ – ٢٣ بوصة).

وتمتاز الشاشات العصرية (التى قطرها ٤٧ – ٦٣ سم) بانها ذات شكل مستطيل يسمح بالحصول على مقاس الصورة المطلوب باقل ابعاد خطية للشاشة.



الشكل ٥ – ١٣ . العلاقة بين طول انبوب الصورة وزاوية انحراف الشعاع العظمى فى حالة ثبات مقاس الشاشة

٢ – زاوية انحراف الشعاع الالكترونى : ان تصغير حجم جهاز التلفزيون، بدون تقليل مقاس الشاشة يتطلب تقصير طول انبوب الصورة. ويتم هذا بزيادة زاوية الجزء المخروطى من الانبوب، اى زاوية الانحراف التى يسمح بها، كما يوضح الشكل ٥ – ١٣ ، حيث رسمت الحدود الهندسية

لانابيب متشابهة الشاشة ، تعمل بزوايا انحراف : ٤٠° (لم تعد تستخدم) ، ٩٠° ، ١١٠° . ويبين الشكل ايضا مركزى انبوبين زاويتاهما ٥٠° ، ٩٠° .

وتتميز الانابيب ذات الزاوية ١١٠° بصغر قطر عنق الانبوب وتوسعه التدريجى فى مكان اتصاله بالجزء المخروطى (مما سمح بتحسين فعالية وحدة الانحراف) ، كما تتميز باستخدامها لطريقة التركيز الالكتروستاتى التى تستخدم ايضا فى الانابيب ذات الزوايا الاصغر اذا كانت مستطيلة الشاشة .

٣ ــ نسبة الشكل : مما متعارف عليه فى انظمة التلفزيون ان تكون نسبة الشكل ، اى نسبة عرض الصورة التلفزيونية الى طولها مساوية $\frac{٤}{٣}$. ولكن الاعتبارات التكنولوجية استلزمت ان تصمم الانابيب ذات الزاوية ١١٠° بنسبة شكل $\frac{٥}{٤}$ ، بدلا من $\frac{٤}{٣}$.

واذا ضبط ارتفاع الصورة بحيث يساوى ارتفاع الشاشة ، فان عرض الشاشة التى نسبة شكلها $\frac{٥}{٤}$ لن يتسع لعرض الصورة المرسلة بنسبة شكل $\frac{٤}{٣}$ ، بل سيبقى حوالى ٦ ٪ من عرض الصورة خارج نطاق الشاشة (ويمكن تفادى هذا بتضييق عرض الصورة ، ولكن تضييق العرض مع المحافظة على الارتفاع يسبب تشويهات هندسية) . ويمكن عادة السماح بفقد ٦ ٪ من عرض الصورة ، طالما ان المحتوى الاساسى للبرامج المرسلة يتركز فى الجزء الاوسط من الصورة . ولكى لا تفقد اجزاء اخرى من الصورة ، تستخدم فى اجهزة التلفزيون الحديثة دوائر لتنظيم (تثبيت) فلطية منبع القدرة . ولو لم تستخدم هذه الدوائر ، لكان من الضرورى ان تكون ابعاد الصورة اكبر من ابعاد الاطار المحدد حتى لا ترى اطراف الهيكل الخطى عند تغير فلطية المنبع .

ويمكن الاستفادة من الوقت الذى يجرى أثناءه ارسال اشارة الصورة بدون ان يعاد انتاجها فى الانابيب ذات نسبة الشكل $\frac{٥}{٤}$ ، اضافة الى الفترة التى لا يجرى خلالها ارسال اشارة الصورة (وهى تبلغ حوالى ١٤ ٪ من دور المسح الافقى) ، بزيادة فترة ارتداد الشعاع فى تلك الانابيب (حتى حوالى ٢٢ ٪ من دور المسح الافقى) . ويستلزم ذلك ان يتم اطفاء الشعاع خلال فترة الارتداد بنبضات خاصة ، لان اشارة الصورة ترسل خلال جزء من

تلك الفترة . وتسمح زيادة فترة الارتداد بتبسيط تصميم دوائر المسح الافقى وتخفيض القدرة التى تستهلكها (بحوالى الثلث) .

٤ — الخصائص التكنولوجية : يتكون الانبوب بنتيجة التحام ثلاثة اجزاء هى : العنق والجزء المخروطى وقعر الانبوب (الشاشة) . وتصنع الشاشة من نوع خاص من الزجاج (يفضل ان يكون من الزجاج الغامق) . ويغطى زجاج الشاشة من الداخل بطبقة متفسفرة ، وطبقة من الالومنيوم ايضا . ويصنع الجزء المخروطى من نوع خاص من الزجاج ، او من نوع من الفولاذ يمكن لحمه جيدا مع الزجاج . وقد يغطى الجزء المخروطى من الخارج بطبقة موصلة تكفى سعتها لترشيح الجهد العالى جدا .

وينبغى ان يتصف زجاج الانبوب بالمتانة الكهربائية اللازمة (لمنع تسريب الجهد العالى جدا ولتفادى حدوث انهيار كهربائى) والمتانة الميكانيكية الضرورية ايضا . ويجب ان تكفى المتانة الميكانيكية لتحمل الضغط الجوى الذى يساوى حوالى ١ كجم/سم٢ ، اذ ان هذا الضغط يؤثر على الشاشة التى يبلغ قطرها ٤٧ سم بقوة تزيد عن الطن .

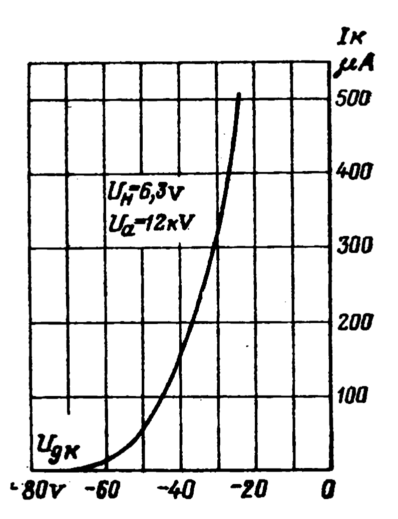
٥ — انفجار الانابيب والوقاية منه : رغم ان انابيب الصورة تصمم بحيث تكون قادرة على تحمل الضغط الجوى ، يمكن ان تنفجر هذه الانابيب بنتيجة التشققات والصدمات التى تتعرض لها (عند التصليح مثلا) . ويمكن ان يحدث الانفجار فجأة عند حدوث تغيرات غير متوقعة فى درجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوى . وعندما يحدث الانفجار يتحول الانبوب الى شظايا صغيرة تتطاير فى شتى الجهات ، فتؤذى المشاهدين ، كما تضر بالمكونات الاخرى للجهاز .

وكانت الوقاية من انفجار انابيب الصورة تتم فى السابق بتغطية الشاشة بلوح واق من الزجاج او البلاستيك الشفاف . ولكن هذه الطريقة تؤمن فقط وقاية المشاهدين ، وهى تسئ الى جودة الصورة . وتتم الوقاية فى الانابيب العصرية باستخدام حزام معدنى يشد حول مكان التحام الشاشة والجزء المخروطى ، لان هذا المكان هو اقل اماكن الانبوب متانة ويملاء ما بين الحزام والانبوب بمادة (من الجبس او الكبريت) تتصف بان معامل تمددها الحرارى يساوى معامل تمدد الزجاج .

البند ٥ ــ ٧ القيم والخواص المميزة لانابيب الصورة

ان اهم المعطيات التي تنشر عن انابيب الصورة في الدليل الخاص بها ، او في كتب اخرى هي المعطيات الخاصة بتصميم الانبوب ، والقيم الكهربائية ، والمنحنى الذي يحدد العلاقة بين تيار الشعاع والجهد المسلط على الكترود التحكم . ويسمى هذا المنحنى عادة المنحنى المميز التحويلي ، لانه يبين كيفية تحويل تغيرات الجهد المسلط على الكترود التحكم الى تغيرات في شدة تيار الشعاع او نصوع الشاشة (طالما ان النصوع يتناسب مع تيار الشعاع) .

ويمكن بواسطة المنحنى التحويلي ان نحدد مثلا الجهد الذي يجب ان يسلط على الكترود التحكم من اجل قطع (او « اطفاء») الشعاع الالكتروني واظلام الشاشة . ويسمى هذا الجهد جهد (فلطية) القطع . ويسمح المنحنى التحويلي ايضا بتحديد جهد الانحياز الذي يجب ان يسلط على الكترود التحكم مع جهد الاشارة الصورية ، حتى يكون تباين الصورة المتكونة على الشاشة اكبر ما يمكن . ويمكن ايضا ان نحدد بواسطة ذلك المنحنى اقصى اتساع لاشارة الصورة التي يعاد انتاجها بدون تشويه (اي بدون حفز زائد للانبوب) ، وما الى ذلك .



الشكل ٥ ــ ١٤ . منحنى العلاقة بين تيار الشعاع (الكاثود) وجهد التحكم (المنحنى التحويلي لأحد طرازات انابيب الصورة السوفييتية)

اما معطيات التصميم والقيم الكهربائية ، فهي تحدد ظروف تشغيل انبوب الصورة ودائرة توصيلاته بالدوائر الاخرى لجهاز الاستقبال .

ويمكن اخذ فكرة واضحة عن معطيات انابيب الصورة من المنحنى التحويلي (الشكل ٥ ــ ١٤) ، والمعطيات التي سنوردها فيما يلي (لاحد الطرازات السوفييتية) :

١ - المعطيات العامة :

الكاثود : اكسيدى ذو تسخين غير مباشر .
تركيز الشعاع :- الكتروستاتى .
انحراف الشعاع : مغنطيسى .
زاوية الانحراف باتجاه قطر الشاشة : ١١٠° .
الشاشة : مؤلمنة ، بيضاء الضياء ، ذات مداومة متوسطة .
قدرة التبين (البيان) : ٦٠٠ خط فى الوسط ، ٥٥٠ فى الاطراف .
مقاس الصورة (علما بان قطر الشاشة ٤٣ سم) : ٢٩٧ × ٣٧٥ مم٢ .
الوزن الاقصى : ٥,٥ كجم .

٢ - القيم الكهربائية والضوئية :

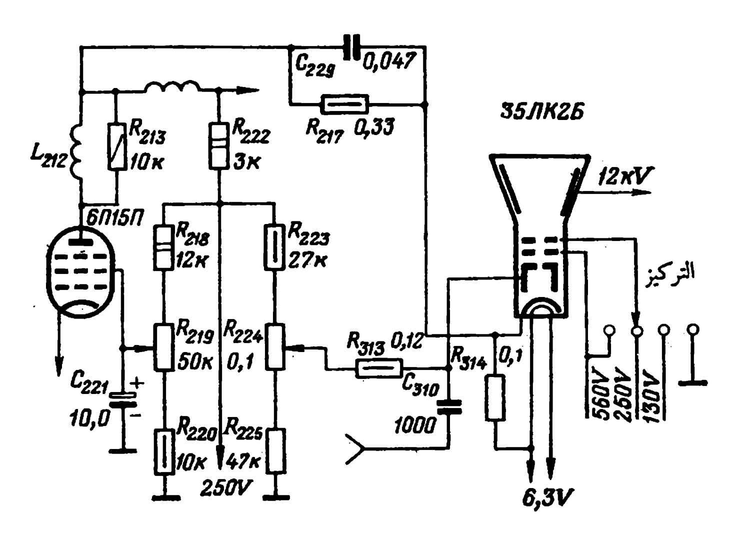
جهد التسخين : ٦,٣ فولط .
تيار التسخين : ٠,٦ أمبير .
جهد الانود : + ١٤ كيلوفولط .
جهد الكترود التركيز : بين - ١٠٠ و + ٤٥٠ فولط .
جهد الالكترود الحاجب (المعجل) : + ٣٠٠ فولط .
جهد القطع : بين - ٥٥ و - ٢٥ فولط .
اتساع الاشارة : لا يزيد عن ٢٥ فولط ، من اجل تغيير تيار الشعاع من ١ الى ١٠٠ ميكروامبير .
النصوع : لا يقل عن ١٠٠ شمعة/م٢ ، اذا كان تيار الشعاع ٤٢ ميكروامبير .

٣ - القيم الدنيا والقصوى المسموح بها :

اسماء المعطيات	الحد الادنى	الحد الاقصى
جهد التسخين	٥,٧ فولط	٦,٩ فولط
جهد الانود	١٢ كيلوفولط	١٦ كيلوفولط
جهد الكترود التركيز	- ٣٠٠ فولط	+ ١٠٠٠ فولط
جهد الالكترود الحاجب	٢٥٠ فولط	٥٠٠ فولط
جهد الكترود التحكم	- ١٥٠ فولط	صفر فولط
فرق الجهد بين الكاثود والفتيلة	- ١٢٥ فولط	صفر فولط
متوسط تيار الكاثود	-	١٥٠ ميكروامبير
المقاومة العسربية فى دائرة الكترود التحكم	-	١ ميجااوم

البند ٥ ـ ٨ دائرة توصيلات انبوب الصورة

يبين الشكل ٥ ـ ١٥ رسما تخطيطيا لتوصيلات انبوب الصورة فى جهاز تلفزيون سوفييتى (ذى شاشة صغيرة ، قطرها ٣٥ سم) .



الشكل ٥ ـ ١٥. دائرة توصيل انبوب صورة قطر شاشته ٣٥ سم ، فى جهاز تلفزيون سوفييتى الصنع

ويوضح الرسم ان التسخين يتم بفلطية قدرها ٦,٣ فولط ، وان الجهد المسلط على الانود يساوى ١٢ كيلوفولط ، وجهد الالكترود الحاجب ٥٦٠ فولط . اما قيمة الجهد المسلط على الكترود التركيز ، فهى يمكن ان تكون صفرا ، ١٣٠ ، ٢٥٠ ، ٥٦٠ فولط ، تبعا لكون الالكترود موصلا بالنقطة أ ، ب ، جـ ، او د على الترتيب . ويختار جهد التركيز بحيث يكون تركيز الشعاع افضل ما يمكن .

وتسلط اشارة الصورة (الآتية من انود صمام التكبير) على كاثود انبوب الصورة عن طريق المقاومة R_{217} والمكثف C_{229} الموصل معها على التوازى . ويسمح المكثف بتمرير مركبات التيار المتردد (الاشارة) ، بينما تسمح المقاومة بتمرير التيار المستمر (تيار شعاع الانبوب) . ويبلغ هبوط الجهد على هذه المقاومة ٢٠ ـ ٣٠ فولط عادة ، ولكنه يزداد بشدة اذا زاد تيار

الشعاع لسبب ما زيادة خطرة ، وبهذا يقوم ذلك الجهد بدور جهد انحياز يحد من زيادة تيار الشعاع ، فيحد من استهلاك الكاثود ويمنع احتراق الشاشة .

ويتوقف نصوع الشاشة على فرق الجهد بين الكترود التحكم والكاثود ، فيتغير نصوع كل نقطة من نقاط الشاشة تبعا لجهد الاشارة المسلطة على الكاثود ، كما يتغير نصوع كل نقاط الشاشة (متوسط نصوع الشاشة) عند تغيير الجهد المستمر المسلط على الكترود التحكم . ويمكن ضبط هذا الجهد بواسطة مجزئ الجهد R_{224} ، وبهذا يمكن ضبط نصوع الشاشة . وطالما ان جهد الكترود التحكم يجب ان يكون اقل قليلا من جهد الكاثود (ليكون فرق الجهد سالبا ، ولكن قليل القيمة) ، لذلك تستخدم المقاومتان R_{223} ، R_{225} بقيمتين ملائمتين .

وتسلط على الكترود التحكم ايضا نبضات ذات قطبية سالبة تقوم باطفاء الشعاع الالكترونى فى فترات الارتداد الرأسى (اثناء غياب الاشارة) . وتتشكل تلك النبضات بواسطة الدائرة C_{310} R_{313} R_{224} R_{225} التى تسلط عليها (على C_{310}) نبضات تأتى من دائرة الانحراف الرأسى .

البند ٥ ــ ٩ قواعد صيانة انابيب الصورة

من اهم القواعد التى يجب مراعاتها عند صيانة انابيب الصورة الا تسلط على الكتروداتها جهود تخرج قيمها عن الحدود المسموح بها .

فزيادة فلطية التسخين عن الحد الاقصى المسموح به تؤدى الى تقليص عمر الفتيلة والكاثود ، كما ان زيادة جهد الالكترود المعجل تؤدى ايضا الى تقليص عمر الكاثود ، طالما انها تقلص السطح الذى يجرى منه الابتعاث من الكاثود مما يتطلب زيادة كثافة الابتعاث للحصول على شدة معينة لتيار الشعاع . ويترتب على زيادة الجهود المسلطة على الالكترودات ان يظهر ابتعاث ثانوى ضار من بعض هذه الالكترودات ، وقد يحدث انهيار كهربائى بين الالكترودات ، كما يزيد التأثير المدمر للايونات السالبة والموجبة .

ويضر ايضا بانبوب الصورة ان تغذى الكتروداته بجهود تقل عن الحد الادنى المسموح به . فمثلا يترتب على انخفاض فلطية التسخين الى ما دون

الحد الادنى المسموح به ، ان تكون كثافة الابتعاث من بعض نقاط الكاثود اكبر من كثافة الابتعاث من النقاط الاخري ، مما يؤدى الى ان تسخن تلك النقاط لدرجة زائدة ، فتزيد كثافة الابتعاث منها لدرجة اكبر ، مما يجعلها تسخن اكثر ، فينتج عن ذلك ان تتبخر طبقة الكاثود القادرة على الابتعاث (الطبقة الاكسيدية) وهكذا يقل عمر الكاثود .

وينبغى تشغيل انابيب الصورة بترتيب معين ، لتفادى احتراق الشاشة بتاثير الشعاع الالكترونى عند حدوث خلل فى وحدة الانحراف . ويوصى ان يتم تشغيل انابيب الصورة كما يلى :

نضبط اولا الفلطية السالبة المسلطة بين الكترود التحكم والكاثود لتكون (بالقيمة المطلقة) اكبر من فلطية القطع . وننتظر مرور دقيقتين بعد بداية تشغيل جهاز التلفزيون ريثما تبلغ درجة حرارة الكاثود القيمة اللازمة . وبعد ذلك نخفض قليلا فرق الجهد بين الكترود التحكم والكاثود ، بحيث يبدأ ضياء الشاشة (يصبح تيار الشعاع اكبر من الصفر قليلا) . واذا لاحظنا بمراقبة الشاشة ان الشعاع الالكترونى ينحرف انحرافا سليما ، يمكن ان نزيد تيار الشعاع حتى نحصل على النصوع اللازم .

وينبغى ان نكون حذرين عند صيانة الانبوب ، حتى لا يصاب بصدمات او خدوش . ويجب الا نمسك الانبوب من عنقه . وينبغى ايضا اتخاذ الاجراءات الضرورية (حماية الايدي والوجه) للوقاية من خطر انفجار الانابيب اذا لم تكن داخل جهاز التلفزيون واذا لم تكن مغلفة تغليفا خاصا . واذا كان الانبوب يشع اشعة اكس (وهذا يحدث اذا كان الجهد المعجل اعلى من ٢٠ كيلوفولط) ، يجب ايضا اتخاذ الاجراءات اللازمة لحماية النفس والمشاهدين من هذه الاشعة .

الفصل السادس

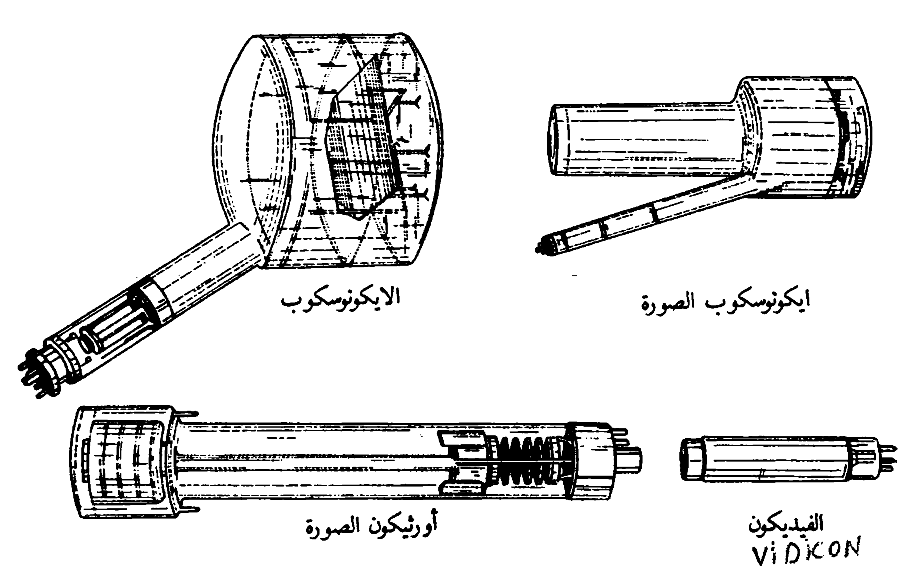
انابيب التصوير التلفزيونى

البند ٦ ـ ١ معلومات عامة

يستخدم انبوب التصوير التلفزيونى (انبوب الكاميرا) لتحويل الصورة الضوئية للشئ المتلفز الى اشارة كهربائية .

وقد ابتكرت اولا الانابيب التى تعمل بالابتعاث الكهرضوئى . وتم تحسين حساسيتها بزيادة فعالية الكاثودات الضوئية وفعالية تخزين الضوء وتحسين تباين صورة الشحنات (مثلا باستخدام مبدأ نقل الصورة) وكذلك باستخدام مضاعف الكترونات داخل الانبوب .

وابتكرت فيما بعد الانابيب التى تعمل بالموصلية الكهرضوئية . وتمتاز هذه الانابيب بحساسية عالية وحجم صغير .

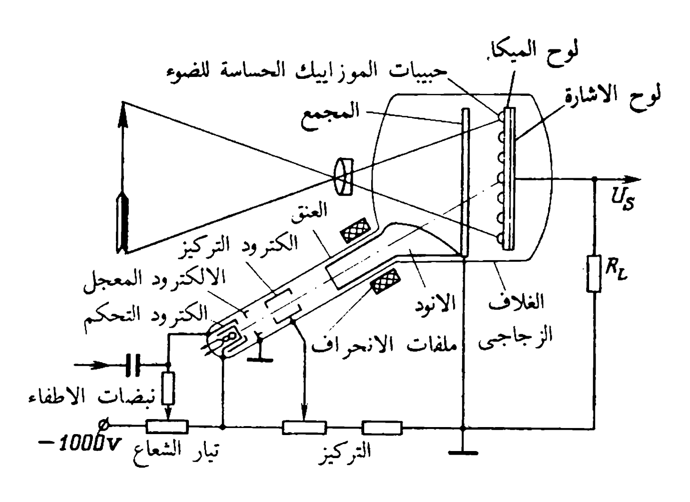


الشكل ٦ ـ ١ . انابيب التصوير التلفزيونى

ويبين الشكل ٦ ـ ١ المظهر الخارجى لأهم انواع انابيب التصوير التلفزيونى (من طرازات سوفييتية) .

البند ٦ ـ ٢ الايكونوسكوب

كان ابتكار الايكونوسكوب نقطة انعطاف فى تاريخ تطور التلفزيون . فهو اول انبوب تصوير تحققت فيه فكرة تخزين الضوء التى سمحت بالحصول على حساسية افضل كثيرا من حساسية منظومات قرص نيبكو .



الشكل ٦ ـ ٢ . تركيب الايكونوسكوب و دائرة توصيله

ويبين الشكل ٦ ـ ٢ تركيب الايكونوسكوب وتوصيلاته . ويتكون غلافه الزجاجى من التحام اسطوانة قصيرة باسطوانة ذات قطر اصغر تميل بزاوية حادة . ويركب داخل الاسطوانة المائلة مدفع الكترونات رباعى الالكترودات . ويمكن التحكم فى تيار الشعاع بتغيير جهد الكترود التحكم . وتستخدم لتركيز الشعاع الطريقة الالكتروستاتية . ويتم الانحراف بالطريقة المغنطيسية الكهربائية .

واهم عنصر فى الايكونوسكوب هو لوح الموزاييك الحساس للضوء الذى يتكون من لوح رقيق من الميكا يغطى احد وجهيه بحبيبات من اكسيد

الفضة والسيزيوم . ويغطى الوجه الخلفى للوح بطبقة معدنية تسمى لوح الاشارة . وتثبت امام لوح الموزاييك حلقة معدنية تقوم بدور مجمع للالكترونات الضوئية (التى يبتعثها الضوء) والالكترونات الثانوية (التى يبتعثها الشعاع الالكترونى الماسح) . ويتصل المجمع بانود مدفع الالكترونات الذى يكون عادة عبارة عن طبقة موصلة من الجرافيت الغروانى تغطى جزءا من السطح الداخلى للغلاف الزجاجى .

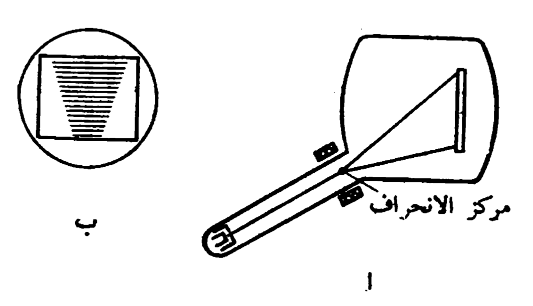
ويؤرض الانود (يوصل بـ « الارض ») ، بينما يسلط على الكاثود جهد سالب للحصول على المجال المعجل . وتوصل مقاومة الحمل بين لوح الاشارة والانود (الارض) .

وعندما تسقط الصورة الضوئية المراد تلفزتها على سطح لوح الموزاييك (بواسطة العدسة الشيئية) ، تتكون على هذا اللوح صورة شحنات كما سبق ان بينا فى البند ٢ ــ ٣ . ويجرى مسح لوح الموزاييك بالشعاع الالكترونى المعجل بفرق جهد قدره ٧٠٠ ــ ١٠٠٠ فولط ، فيخرج كل الكترون من الكترونات الشعاع حوالى ٤ الكترونات ثانوية من الحبيبة التى يسقط عليها . ويرتفع جهد الحبيبات عند مسحها ، نتيجة للابتعاث الثانوى ، حتى يقارب جهد المجمع ، فلا يعد بامكان المجمع اجتذاب الالكترونات الثانوية ، ويضطر جزء من هذه الالكترونات للعودة الى لوح الموزاييك ، مما يؤدى الى ايقاف تزايد جهد تلك الحبيبات . ويستقر جهد الحبيبات التى يجرى مسحها عند جهد توازن يساوى + ٣ فولط (بالنسبة الى المجمع او الانود) . ويتكرر مسح كل حبيبة بعد فترة مسح الحبيبات الاخرى . ويتغير جهد الحبيبة فى الفترة المحصورة بين لحظتى مسحها تبعا لعدد الالكترونات التى تبتعثها بتأثير الضوء . ولكن جزءا من الالكترونات الضوئية قد يعود الى الموزاييك مع جزء من الالكترونات الثانوية المنبعثة من الحبيبات التى يجرى مسحها ، نتيجة لعدم وجود مجال كاف لجذبها نحو المجمع . ولذلك ينخفض جهد كل حبيبة من حبيبات الموزاييك فى الفترة الفاصلة بين لحظتى مسحها ، نتيجة لقدوم جزء من الالكترونات الضوئية والثانوية التى تبتعثها الحبيبات الاخرى اليها . وينخفض جهد الحبيبات غير المضاءة (التى تسقط عليها التفاصيل

السوداء) ، فى الفترة الفاصلة بين لحظتى مسحها ، الى حوالى — ١,٥ فولط ، بينما ينخفض جهد الحبيبات المضاءة بمقدار اقل يختلف باختلاف استضاءتها . وهكذا يتحدد جهد كل حبيبة قبيل لحظة مسحها حسب شدة استضاءتها ، ويقل كلما قلت الاستضاءة . ويتغير جهد كل حبيبة فى فترة مسحها من قيمته قبيل لحظة المسح حتى قيمة ثابتة تساوى حوالى + ٣ فولط . ويمر فى مقاومة الحمل فى كل لحظة تيار يتحدد بتغير جهد الحبيبة التى يجرى مسحها . وهكذا ينتج التيار الذى يولد على مقاومة الحمل جهد الاشارة المناظرة للصورة المتلفزة .

ويتصف الايكونوسكوب بعدة عيوب اهمها الحساسية المنخفضة (رغم انها اعلى من حساسية منظومات قرص نيبكو) ، كما انه يسبب ظهور « ظلال » على الصورة المعاد انتاجها ويسبب تشويه الهيكل الخطى على شكل شبه المنحرف .

ومما يؤدى الى انخفاض حساسية الايكونوسكوب عدم الاستفادة الكاملة من تخزين الضوء . فمع ان الضوء يؤثر على الحبيبات المضاءة تأثيرا مستمرا ، يستفاد من نسبة صغيرة فقط (حوالى $\frac{١}{٥}$) من الالكترونات الضوئية التى تبتعثها تلك الحبيبات ، لان النسبة الأكبر من هذه الالكترونات تضطر للعودة



الشكل ٦ — ٣ . تشوه شبه المنحرف

الى لوح الموزاييك نتيجة لوجود شحنة فراغ سالبة بين لوح الموزاييك والمجمع (تتكون لان جهد المجمع اعلى قليلا او أقل من جهد حبيبات لوح الموزاييك) .

وتنتج ظاهرة « الظلال » (انخفاض نصوع الصورة المعاد انتاجها على شاشة جهاز الاستقبال فى الجزء الاوسط من الصورة) عن توزع شحنة الفراغ

امام لوح الموزاييك توزعا غير متعادل ، كما يؤدى اليها تشتت الالكترونات الثانوية وسقوط اغلبها على وسط لوح الموزاييك .

ويتشوه الهيكل الخطى على شكل شبه المنحرف ، نتيجة لان محور مدفع الالكترونات فى الايكونوسكوب يميل بزاوية حادة بالنسبة الى سطح الموزاييك (الشكل ٦ ـ ٣ ، أ) ، اذ يترتب على هذا ان تكون خطوط المسح العليا ابعد عن مركز انحراف الشعاع من خطوط المسح السفلى ، ولهذا تكون الخطوط العليا اطول (الشكل ٦ ـ ٣ ، ب) ، اذا لم تتغير زاوية الانحراف القصوي فى الاعلى والاسفل .

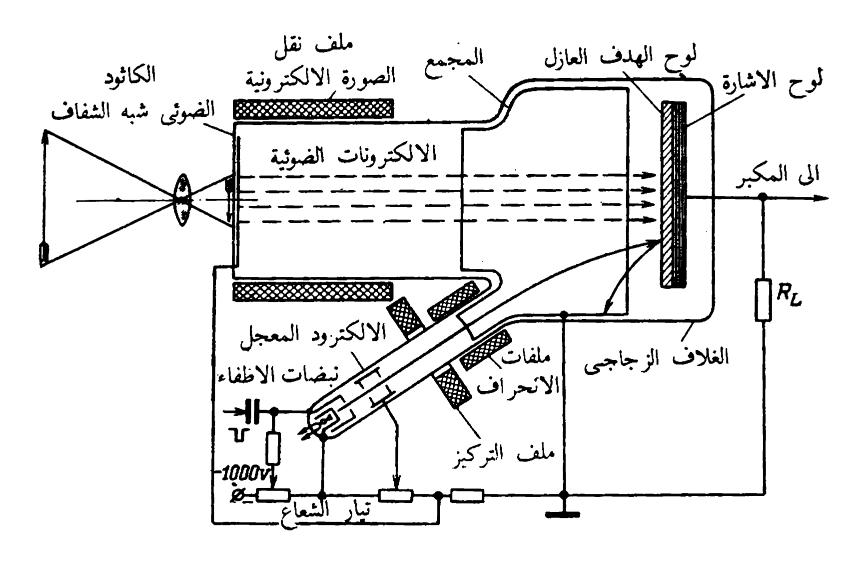
ويمكن تصحيح « الظلال » وتشوه « شبه المنحرف » بواسطة دوائر كهربائية خاصة . الا ان الايكونوسكوب يتطلب استضاءة شديدة تبلغ ٥٠٠٠ ـ ١٠٠٠٠ لوكس (نتيجة للحساسية المنخفضة) . ولهذا لم يعد يستخدم عمليا ، رغم انه يتمتع بعدة مزايا : قدرة التحليل العالية والضوضاء الذاتية القليلة والتحويل الجيد لدرجات شدة الضوء واستقرار الاشارة الجيد وعمر الخدمة الطويل .

البند ٦ ـ ٣ ايكونوسكوب الصورة

ان هذا الانبوب الذى ابتكره العالمان السوفييتيان شماكوف وتيموفييف فى عام ١٩٣٣ يمتاز عن الايكونوسكوب بحساسية اعلى كثيرا ، نتيجة لاستخدام مبدأ نقل الصورة (صورة الشحنات او الجهود) .

ويتميز ايكونوسكوب الصورة ، كما هو مبين فى الشكل ٦ ـ ٤ ، باستخدام كاثود ضوئى مصمت شبه شفاف يغطى السطح الداخلى للجدار الامامى للغلاف الزجاجى . ويقابل الكاثود الضوئى فى الطرف الاخر للانبوب (فى الجزء الاوسع) لوح الهدف الذى يتكون من شريحة عازلة غطى وجهها الخلفى بلوح الاشارة المعدنى . يوضع فى الفراغ الجانبى للغلاف الزجاجى مدفع الكترونات يتم تركيز شعاعه بطريقة التركيز المغنطيسى الكهربائى .

ويطلى جزء من السطح الداخلى للغلاف الزجاجى بطبقة موصلة من الجرافيت الغروانى تؤدى دور انود لمدفع الالكترونات والكترود معجل للالكترونات الضوئية ومجمع للالكترونات الثانوية .



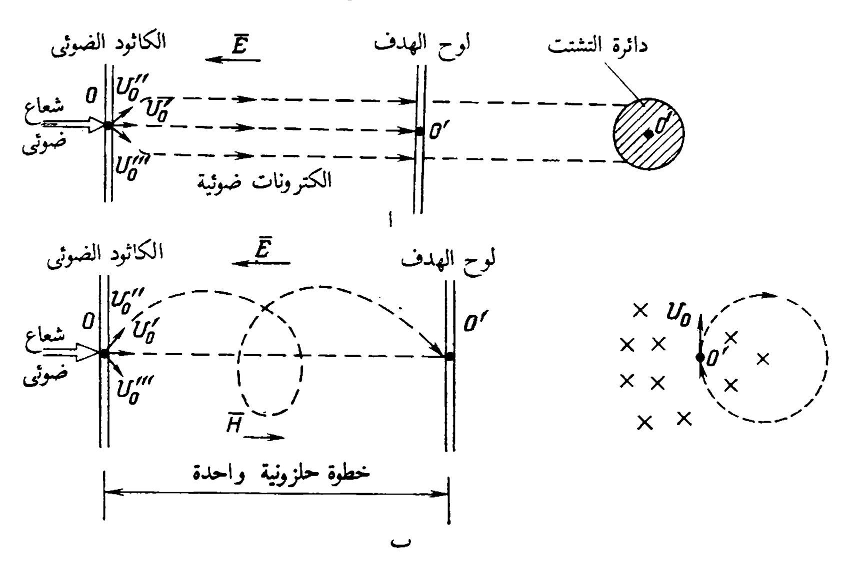
الشكل ٦ — ٤ . تركيب ايكونوسكوب الصورة ودائرة توصيله

وتركب حول عنق الفرع الجانبى للغلاف الزجاجى ملفات الانحراف والتركيز ، كما يركب حول الجزء الامامى للغلاف ملف التركيز الطويل الذى يتم بواسطته بدون تشويه نقل صورة الشحنات من الكاثود الضوئى الى لوح الهدف .

وعندما تسقط الصورة الضوئية المتلفزة على الكاثود الضوئى شبه الشفاف تنبعث منه الكترونات يجتذبها المجال المعجل ويوجهها نحو لوح الهدف ، وتصطدم الالكترونات الضوئية بلوح الهدف بعد ان تصبح كبيرة السرعة ، فتنبعث منه الكترونات ثانوية يتحدد عددها بعدد الالكترونات الضوئية ومعامل الابتعاث الثانوى σ . وطالما ان $\sigma > 1$ ، لذلك تحصل كل نقطة من نقاط لوح الهدف على شحنة موجبة اكبر بنسبة $(\sigma - 1)$ من الشحنة (الالكترونات الضوئية) التى تبتعثها النقطة المناظرة من الكاثود الضوئى . وهكذا تتكون على لوح الهدف صورة من الشحنات مماثلة لصورة الشحنات التى يبتعثها الكاثود الضوئى ، وتتميز عنها بأن شحناتها مكبرة بنسبة $(\sigma - 1)$. وعندما يقوم الشعاع الالكترونى بمسح الهدف يمر بمقاومة الحمل الموصلة بلوح الاشارة تيار يتحدد بجهد العنصر الذى يجرى مسحه (ويتغير جهد كل عنصر اثناء

مسحه حتى يبلغ قيمة ثابتة تساوى جهد التوازن) . ويتغير ذلك التيار عند انتقال الشعاع من عنصر الى آخر تبعا لاختلاف جهود هذه العناصر ، فتتكون على مقاومة الحمل فلطية اشارة تناظر صورة الشحنات او الصورة الضوئية المتلفزة . وهكذا يتميز ايكونوسكوب الصورة عن الايكونوسكوب بطريقة تكوين صورة الشحنات فقط : فبينما تتكون صورة الشحنات فى الايكونوسكوب بتأثير فوتونات الضوء مباشرة ، تحدثها فى ايكونوسكوب الصورة الالكترونات الضوئية المعجلة .

اما نقل صورة الشحنات من الكاثود الضوئى الى لوح الهدف ، فهو يتم بواسطة المجال الكهربائى المعجل والمجال المغنطيسى لملف التركيز الطويل . ولو لم يستخدم ملف التركيز الطويل ، فان مسار كل الكترون يخرج من الكاثود الضوئى باتجاه مائل عن محور الانبوب ينحنى ويصبح موازيا لهذا المحور ، مما يؤدى الى ان الالكترونات التى تخرج من نقطة واحدة من الكاثود الضوئى تسقط على لوح الهدف ضمن دائرة (الشكل ٦ ــ ٥ ، أ) ، بينما ينبغى ان تسقط فى نقطة واحدة لكى لا يسوء بيان تفاصيل الصورة .



الشكل ٦ ــ ٥ . أ ــ تشكل دائرة التشتت على لوح الهدف؛ ب ــ تركيز الالكترونات الضوئية بواسطة مجال مغنطيسى منتظم

واذا استخدم ملف تركيز طويل يخلق بين الكاثود الضوئى ولوح الهدف مجالا مغنطيسيا منتظما موازيا لمحور الانبوب ، فان هذا المجال يجعل الالكترونات التى تخرج من الكاثود الضوئى فى اتجاه غير مواز للمحور تتحرك فى خط حلزونى يتحدد قطره وطول خطوته ومدة الخطوة (الدورة) حسب العلاقات (4.8)، (4.9)، (4.11) . ورغم ان قطر دوران الالكترون يختلف باختلاف سرعته الابتدائية واتجاهه ، فان كل الالكترونات تدور مرة واحدة خلال نفس المدة وتجتاز بكل دورة نفس الخطوة . ويتحدد طول الخطوة S طبقا للعلاقة (4.11) بشدة المجال المغنطيسى H والجهد المعجل U_a. وتختار قيمة U_a بحيث يكون معامل الابتعاث الثانوى σ كبير القيمة ، فينبغى اختيار قيمة H للحصول على طول الخطوة s اللازمة لكى تعود الالكترونات الخارجة من نقطة واحدة O من الكاثود الضوئى لتلتقى فى نقطة واحدة ايضا O' على لوح الهدف (الشكل ٦ ــ ٥ ، ب) ولذلك تضبط قيمة H بحيث يكون طول الخطوة S مساويا للمسافة بين الكاثود الضوئى ولوح الهدف . ويمتاز ايكونوسكوب الصورة عن الايكونوسكوب البسيط بحساسية اعلى نتيجة لما يلى :

١ ــ يستفاد من التدفق الضيائى الساقط على الكاثود الضوئى استفادة كاملة لان الكاثود الضوئى مصمت وليس فسيفسائيا (موزاييك) .

٢ ــ يستفاد من الابتعاث الكهرضوئى استفادة كاملة لان المجال المعجل الموجود بين الكاثود الضوئى ولوح الهدف يجتذب جميع الالكترونات الضوئية نحو لوح الهدف .

٣ ــ تكبر شحنات صورة الشحنات المتكونة على لوح الهدف نتيجة للابتعاث الثانوى بتأثير الالكترونات الضوئية المعجلة .

ويمتاز ايكونوسكوب الصورة ايضا بانه يتيح استخدام عدسات ذات ابعاد بؤرية قصيرة لان الكاثود الضوئى الذى يجب ان تسقط عليه الصورة الضوئية يغطى الجدار الامامى للغلاف الزجاجى مباشرة .

الا ان ايكونوسكوب الصورة اسوأ نوعا ما من الايكونوسكوب من حيث قدرة التحليل ، اذ ان عدم انتظام مجال ملف التركيز الطويل لا يسمح بتركيز صورة الشحنات تركيزا جيدا على لوح الهدف الا فى جزئه الاوسط . ويتطلب

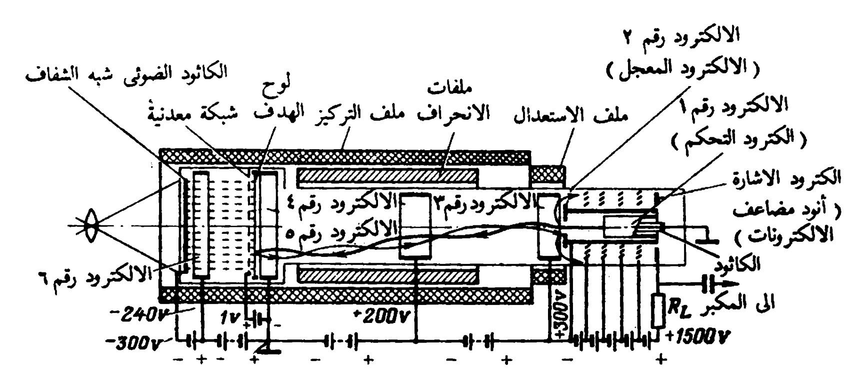
هذا الحد من مساحة الصورة المتكونة على لوح الهدف ، مما يمنع من زيادة حساسية ايكونوسكوب الصورة زيادة كبيرة بالنسبة الى الايكونوسكوب .

ومن عيوب ايكونوسكوب الصورة انه كالايكونوسكوب يسبب ظاهرة « الظلال » وتشوه « شبه المنحرف » .

وقد حدت هذه العيوب من نطاق استخدام ايكونوسكوب الصورة ، كما حدت من نطاق استخدام الايكونوسكوب ، رغم ان حساسية ايكونوسكوب الصورة تكفى للعمل فى ظروف الاضاءة الطبيعية (يعمل جيدا لارسال اشياء شدة استضاءتها ٥٠٠ — ١٥٠٠ لوكس) .

البند ٦ — ٤ اورثيكون الصورة

١ — خصائص اورثيكون الصورة : ان اهم عيوب ايكونوسكوب الصورة والايكونوسكوب (« الظلال » وتشوه « شبه المنحرف ») ناتجة عن مسح صورة الشحنات بواسطة حزمة الكترونات عالية السرعة يميل اتجاهها بزاوية حادة



الشكل ٦ — ٦ . تركيب اورثيكون الصورة

عن لوح الهدف (او الموزاييك) . ولذلك تم ابتكار الاورثيكون واورثيكون الصورة اللذين يستخدمان للمسح حزمة الكترونات منخفضة السرعة تسقط عموديا على لوح الهدف . ويمتاز اورثيكون الصورة عن الاورثيكون باستخدام مبدأ نقل الصورة .

ويتميز اورثيكون الصورة بان مسح صورة الشحنات المتكونة على لوح الهدف يتم من جهة معاكسة للجهة التى تسقط منها الالكترونات الضوئية . وقد تقدم بهذه الفكرة فى عام ١٩٣٨ العالم السوفييتى براودى .

ويستخدم داخل اورثيكون الصورة مضاعف الكترونات متعدد المراحل يجعله فائق الحساسية .

٢ – تركيب اورثيكون الصورة : يتكون الغلاف الزجاجى لاورثيكون الصورة (الشكل ٦ – ٦) من جزئين اسطوانيين ، احدهما اكبر قطرا من الاخر . ويغطى السطح الداخلى للجدار الامامى للجزء الاوسع بالكاثود الضوئى شبه الشفاف . ويركب داخل الجزء الضيق مدفع الالكترونات ومضاعف الالكترونات .

ويشمل مدفع الالكترونات الكاثود (الترميونى) والالكترود رقم ١ (الكترود التحكم) والالكترود رقم ٢ (الالكترود المعجل والحاجب) . وتوجد فى مركز الالكترود رقم ٢ فتحة ضيقة جدا ، تخرج منها حزمة الكترونات رفيعة جدا . ويتم تخفيض سرعة هذه الحزمة تدريجيا بواسطة المجال الذى تخلقه الالكترودات الحلقية* رقم ٣ ، رقم ٤ ، رقم ٥ .

ويوجد فى الجزء الواسع للانبوب ، بين الكاثود الضوئى والالكترود رقم ٥ ، الالكترود رقم ٦ (الالكترود المعجل للالكترونات الضوئية) ولوح الهدف . ويصنع هذا اللوح من الزجاج ويبلغ سمكه حوالى ٥ ميكرون وقطره حوالى ٤٠ مم . وتوضع امام لوح الهدف على بعد يبلغ حوالى ٥٠ ميكرون شبكة معدنية متناهية الدقة تحتوى على حوالى ١٥٠٠ ثقب فى كل مليمتر مربع . ويسلط على هذه الشبكة جهد موجب يبلغ حوالى ١ فولط . ويتألف مضاعف الالكترونات من ٤ – ٥ دينودات تركب حول مدفع الالكترونات . وكل دينود هو عبارة عن قرص تم تشقيقه الى عدد كبير من ريشات مائلة تشبه بترتيبها ريشات المروحة . وتوضع امام كل دينود شبكة معدنية تثبت على

---

* قد يكون الالكترود الاوسط (رقم ٤) عبارة عن طبقة موصلة يطلى بها السطح الداخلى لعنق الانبوب .

ريشاته وتركز عليها الالكترونات الساقطة عليها .. ويوجد خلف آخر دينود الانود الذى هو عبارة عن قرص يقوم بجمع الالكترونات الثانوية ، وتوصل به مقاومة الحمل . وتركب حول غلاف الانبوب ملفات الانحراف وملف التركيز الطويل وملف قصير يسمى ملف التصحيح او الاستعدال ويستخدم هذا الملف لجعل اتجاه الشعاع مطابقا (محاذيا) لاتجاه محور ملف التركيز ، طالما ان تركيب مدفع الالكترونات عند صنع الانبوب لا يتم بدقة كافية . ويمكن تصحيح (استعدال) اتجاه الشعاع بضبط التيار المار فى ملف التصحيح او بضبط وضعه بالنسبة الى محور الانبوب .

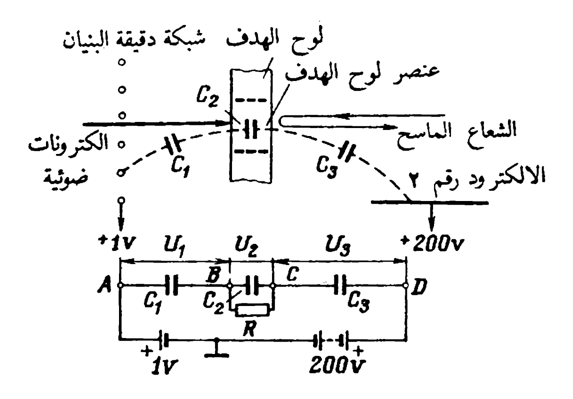
٣ – عمل الانبوب : يمكن شرح عمل اورثيكون الصورة بتقسيمه الى ثلاثة اقسام : قسم الصورة وقسم المسح وقسم مضاعف الالكترونات .

أ – قسم الصورة : تسقط العدسة الشيئية صورة الشئ المتلفز على الكاثود الضوئى شبه الشفاف فتتحول الصورة الضوئية الى صورة كهربائية (صورة شحنات) ، تنقل بتأثير المجال المعجل الى الوجه الامامى للوح الهدف . ويتم نقل الصورة بدون تشويه بواسطة ملف التركيز الطويل . وتصادف الالكترونات الضوئية فى طريقها نحو لوح الهدف الشبكة المعدنية التى تمتص حوالى نصف تلك الالكترونات . وتشكل الشبكة على لوح الهدف « ظلا » لا يسئ الى الصورة ، لان شعيرات الشبكة وفتحاتها دقيقة جدا ، لدرجة ان الشعاع الالكترونى الماسح يغطى فى نفس الوقت عشرات من خلايا ذلك « الظل » (مع ان قطر الشعاع هو اجزاء من عشرة من المليمتر) .

ويؤدى اصطدام الالكترونات الضوئية بالوجه الامامى للوح الهدف الى ابتعاثه لالكترونات ثانوية تلتقطها الشبكة المعدنية لانها موجبة الجهد . وتفقد كل نقطة من نقاط لوح الهدف عددا من الالكترونات يتناسب مع عدد الالكترونات الضوئية الساقطة عليها . وهكذا تتكون على الوجه الامامى للوح الهدف صورة « موجبة » من الشحنات ، لان شحنة (جهد) كل نقطة من نقاطه تتناسب مع استضاءة النقطة المناظرة من نقاط الكاثود الضوئى . وطالما ان الشبكة المعدنية تجتذب جميع الالكترونات الثانوية المنبعثة من لوح

الهدف ، فهى بذلك تمنع من تشكل شحنة فراغ . ولذلك يتميز اورثيكون الصورة بصورة شحنات اكثر تباينا ، مما يساعد على رفع حساسيته .

وينبغى ان تنتقل صورة الشحنات من السطح الامامى للوح الهدف الى السطح الخلفى الموجه نحو مدفع الالكترونات . ويمكن ان يتم ذلك بواسطة الحث الكهربائى على النحو التالى (الشكل ٦ — ٧) :



الشكل ٦ — ٧ . رسم يوضح تشكل صورة الشحنات على لوح الهدف بخطين منقطين

يؤدى انبعاث الالكترونات الثانوية من الوجه الامامى لاى عنصر من عناصر لوح الهدف الى حصوله على شحنة تسبب ظهور فرق جهد U_1 على السعة C_1 (السعة بين الوجه الامامى للعنصر والارض او الشبكة المعدنية الموصلة بالارض عن طريق منبع + ١ فولط) . وتنقسم الفلطية U_1 الى فلطية U_2 على السعة C_2 (السعة بين وجهى العنصر) وفلطية U_3 على السعة C_3 (السعة بين الوجه الخلفى للعنصر والارض ، اى السعة بينه وبين الالكترود رقم ٤ الموصل بالارض عن طريق منبع الفولطية + ٢٠٠ فولط ، والالكترودات الاخرى المجاورة للوجه الخلفى للوح الهدف) . وطالما ان $C_2 \gg C_1$ ، لذلك $U_2 \ll U_3 \approx U_1$ ، اى ان جهد الوجه الخلفى لكل عنصر (U_3) يصبح مساويا لجهد وجهه الامامى (U_1) .

ولكن انتقال صورة الشحنات من الوجه الامامى للوح الهدف الى وجهه الخلفى يتم عمليا عن طريق الحث الكهربائى (عن طريق سعة لوح الهدف)

وعن طريق الموصلية فى نفس الوقت ، لان لوح الهدف يصنع من زجاج شبه موصل رقيق جدا . ويجب ان تكون مقاومة كل عنصر من عناصر لوح الهدف (فى الاتجاه العمودي على سطح لوح الهدف) صغيرة نسبيا الى درجة كافية ، حتى يتم انتقال شحنة كل عنصر الى وجهه الخلفى قبل مجئ الشعاع لمسح هذا العنصر (ولهذا ينبغى ان يكون الثابت الزمنى RC_2 اصغر كثيرا من فترة مسح الصورة كلها).

ب - قسم المسح : ان حزمة الالكترونات الرفيعة التى يولدها مدفع الالكترونات تخرج من فتحة الالكترود المعجل (رقم ٢) بسرعة يحددها جهد هذا الالكترود (٣٠٠ فولط) ثم تقل سرعتها تدريجيا فى مجال الالكترودات رقم ٣ ، رقم ٤ ، رقم ٥ . وطالما ان الجهد المسلط على الالكترود رقم ٥ يساوى الصفر ، لذلك تتباطأ حزمة الالكترونات حتى تقف عند لوح الهدف .

واذا لم يكن الكاثود الضوئى مضاء ، فان لوح الهدف لا يكون مشحونا (لا توجد صورة شحنات) ، ولذلك تعود حزمة الالكترونات بعد توقفها عند لوح الهدف فتتحرك كلها نحو مدفع الالكترونات متساوية بتأثير مجال الالكترودات رقم ٥ ، رقم ٤ ، رقم ٣ (لان المجال المبطئ للحزمة الماسحة هو مجال معجل للحزمة العائدة) . وفى هذه الحالة تكون كمية الالكترونات المنعكسة عن لوح الهدف مساوية لكمية الالكترونات المتجهة نحوه .

اما اذا كان الكاثود الضوئى مضاء ، فان نقاط لوح الهدف تكون مشحونة بشحنات مختلفة مشكلة صورة شحنات مماثلة لصورة توزع النصوع على الشئ المتلفز . وعندما يقوم شعاع الالكترونات البطيئة بمسح لوح الهدف ، ترسو كمية من الكترونات الشعاع على النقاط التى يجرى مسحها لتعادل شحنتها الموجبة ، وتعود من الكترونات الشعاع كمية تختلف نسبتها باختلاف شحنات نقاط لوح الهدف . وهكذا تكون كمية حزمة الالكترونات المنعكسة عن لوح الهدف معدلة تعديلا سالبا (تقل كلما زادت شدة ضوء الصورة المتلفزة فى النقطة المناظرة للنقطة التى يجرى مسحها ، لان كمية الالكترونات التى ترسو على لوح الهدف تزيد كلما زاد جهد النقطة التى يجرى مسحها) .

ويستخدم الشعاع الالكترونى العائد (المنعكس عن لوح الهدف) ، بعد تكبيره بواسطة مضاعف الالكترونات ، كتيار اشارة يمر بمقاومة الحمل ، لتتكون عليها فلطية الاشارة . وطالما ان تيار الشعاع العائد معدل تعديلا سالبا من حيث الشدة ، فان فلطية الاشارة (جهد انود مضاعف الالكترونات) تعدل تعديلا موجبا .

ويتم تركيز حزمة الالكترونات الماسحة على لوح الهدف ، كما يتم تركيز الشعاع العائد على الدينود الاول لمضاعف الالكترونات بواسطة المجال المغنطيسى لملف التركيز الطويل والمجال الكهربائى للالكترودات رقم ٣ ، رقم ٤ ، رقم ٥ .

وكما سبق ان بينا فى الفصل الرابع ، تتحرك الالكترونات فى حالة وجود مجالين كهربائى ومغنطيسى فى خطوط حلزونية ، تدور حول خطوط المجال المغنطيسى . واذا كان جهد المجال الكهربائى منخفضا وشدة المجال المغنطيسى مرتفعة فان خطوات المسار الحلزونى تكون قصيرة جدا .

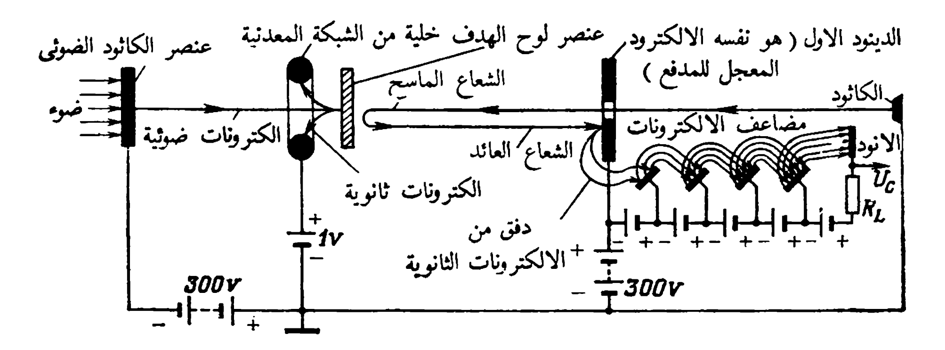
وينبغى ضبط جهد المجال الكهربائى وشدة مجال التركيز المغنطيسى بحيث تكون المسافة بين الالكترود المعجل (رقم ٢) ولوح الهدف مساوية عددا صحيحا (عادة ثلاث) من خطوات المسار الحلزونى .

وتتحرك حزمة الالكترونات فى المجال المغنطيسى لملفات لانحراف بوجود المجال الكهربائى والمجال المغنطيسى لملف التركيز الطويل فى مسار حلزونى ينحرف بعد الدخول الى مجال الإنحراف والخروج منه بحيث يعود محور هذا المسار ليصبح موازيا لمحور الانبوب (تدور الالكترونات بعد خروجها من مجال الانحراف حول خطوط مجال ملف التركيز) . وهكذا يتم سقوط حزمة الالكترونات الماسحة عموديا على لوح الهدف ، لتنعكس عنه عموديا ايضا وتتحرك فى مسار حلزونى عكسى مشابه تقريبا .

ج) مضاعف الالكترونات : تتسارع حزمة الالكترونات العائدة بتأثير مجال الالكترودات رقم ٥ ، رقم ٤ ، رقم ٣ ، ثم تسقط على الالكترود رقم ٢ الذى يستخدم فى نفس الوقت كالكترود معجل (حاجب) فى مدفع الالكترونات وكاول دينود لمضاعف الالكترونات (الشكل ٦ — ٨) . ويعالج

7—2471

سطح هذا الالكترود معالجة خاصة للحصول على قيمة كبيرة لمعامل الابتعاث الثانوى σ . ويجتذب الدينود رقم ٢ الالكترونات الثانوية التى يبتعثها الدينود رقم ١ (الالكترود رقم ٢) ، فينعطف مسارها حول مدفع الالكترونات وتتجه نحو ريشات الدينود رقم ٢ ، لتخرج منها الكترونات ثانوية جديدة ، تتجه



الشكل ٦ — ٨ . حركة الالكترونات داخل اورثيكون الصورة

نحو الدينود رقم ٣ ، وهكذا يستمر تكبير حزمة الالكترونات حتى تصل الى الانود . ويجمع الانود الحزمة المكبرة ليتكون منها تيار يمر بمقاومة الحمل التى تسحب منها فلطية الاشارة .

واذا كان مضاعف الالكترونات مؤلفا من ٤ — ٥ مراحل ، فانه يسمح بتكبير تيار الاشارة ٥٠٠ — ١٠٠٠ مرة ، فيصبح مستواها اعلى كثيرا من مستوى ضوضاء المكبر الصمامى . وهكذا يمكن استخدام اورثيكون الصورة لتلفزة استضاءات ضعيفة جدا .

وتوضع امام دينودات مضاعف الالكترونات شبكات تركيز تخلق مجالا معجلا للالكترونات الساقطة على ريشاتها ، وتوجه الالكترونات الثانوية المنبعثة منها نحو الدينود التالى .

٤ — مزايا وعيوب اورثيكون الصورة ومجال استخدامه : يمتاز اورثيكون الصورة بحساسية عالية جدا تقارب حساسية عين الانسان ، كما يمتاز بأنه لا يسبب تشوهات « شبه المنحرف » ويعمل تقريبا بلا « ظلال » .

ومن عيوب اورثيكون الصورة انه معقد التصميم وعسير الضبط ويولد ضوضاء كبيرة المستوى (نتيجة للتغيرات العشوائية فى الشعاع الماسح ذى السرعة المنخفضة) . ويستخدم اورثيكون الصورة على نطاق واسع جدا لتلفزة المناظر الحية فى ظروف الاضاءة الطبيعة وفى الاستوديوهات التلفزيونية .

البند ٦ ـ ٥ الفيديكون

تقدم الاكاديمى السوفييتى تشيرنيشيوف فى عام ١٩٢٥ بفكرة ايجاد انبوب تصوير تلفزيونى يستخدم الموصلية الكهرضوئية . وتم ابتكار مثل هذا الانبوب فى عام ١٩٥٠ . وقد تبين ان الموصلية الكهرضوئية تسمح بايجاد انابيب تصوير تلفزيونى صغيرة الحجم وبسيطة التصميم وعالية الحساسية .

وتصنف انابيب التصوير التلفزيونى التى تعمل بالموصلية الكهرضوئية الى انابيب تستخدم لوح هدف عالى المقاومة وانابيب تستخدم لوح هدف منخفض المقاومة .

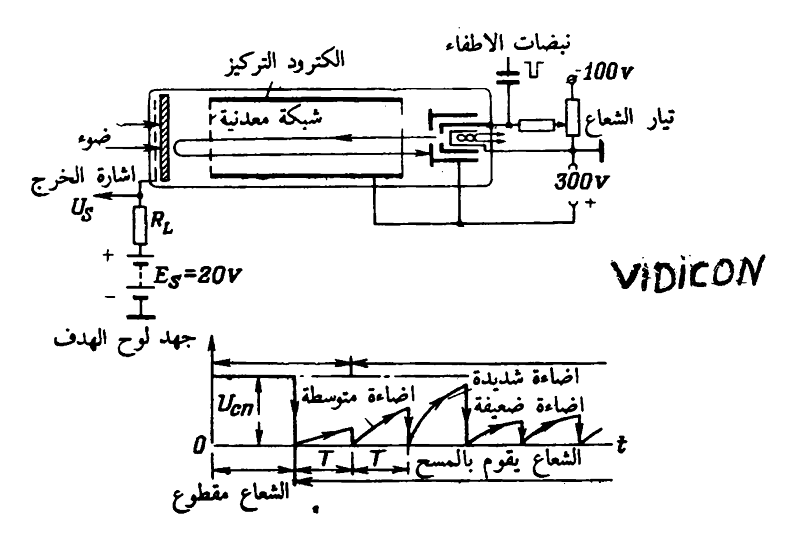
وتتميز الانابيب التى تستخدم لوح هدف عالى المقاومة بانها تحقق مبدأ تخزين الضوء ، وتستخدم عمليا على نطاق واسع . ويطلق على مثل هذه الانابيب فى اغلب البلدان اسم « الفيديكون » .

اما الانابيب التى تعمل بلوح هدف ذى مقاومة منخفضة ، فهى لا تحقق مبدأ تخزين الضوء ، ولم تخرج بعد الى حيز الاستخدام العملى .

ويمكن ان يعمل الفيديكون بشعاع ماسح مرتفع السرعة ، او بشعاع منخفض السرعة ، تبعا للجهود الكهربائية التى تسلط على الكتروناته . وتستخدم عادة حالة المسح بشعاع منخفض السرعة ، لان الفيديكون فى هذه الحالة اكثر حساسية واطول عمرا ولا يسبب « ظلالا » ، رغم انه يمتاز فى حالة المسح بشعاع مرتفع السرعة بدقة تحليل اعلى ويسمح بمدى اكبر لتغير شدة الاستضاءة .

١ ـ تركيب الفيديكون : يتكون (الشكل ٦ ـ ٩) من غلاف زجاجى اسطوانى الشكل ، يغطى السطح الداخلى لجداره المستوى بشريحة معدنية

شبه شفافة تقوم بدور لوح الاشارة وتتصل بحلقة معدنية تلحم مع الجدار الامامي والجدار الاسطواني للغلاف ، كما تغطى الشريحة المعدنية بشريحة رقيقة شبه موصلة (من ثالث كبريتيد الانتيمون مثلا) تقوم بدور اللوح الحساس للضوء . ويوصل لوح الاشارة عن طريق مقاومة الحمل R_L بالقطب



الشكل ٦ — ٩ . تركيب الفيديكون و تغير جهد لوح الهد ف فى حالة المسح بحزمة الكترونات بطيئة (الحالة $\sigma < 1$)

الموجب لمنبع فلطية مستمرة E_S تبلغ عشرات الفولطات (عندما يعمل الفيديكون فى حالة المسح بشعاع منخفض السرعة) .

ويتألف مدفع الالكترونات من الكاثود والكترود التحكم والكترود المعجل والكترود التركيز . وقد يكون الكترود التركيز عبارة عن اسطوانة معدنية طويلة ، او طبقة موصلة من الجرافيت الغرواني تغطى السطح الداخلي للانبوب . ويستخدم احيانا الكترودان للتركيز ، بحيث يسلط على الالكترود الاقرب الى لوح الهدف جهد ذو شكل موجى معين من اجل تحسين تركيز الشعاع الماسح عند الاطراف . ويتصل الكترود التركيز بنهايته القريبة من لوح الهدف بشبكة معدنية دقيقة الشعيرات والفتحات تجعل المجال الكهربائى منتظما بقرب لوح الهدف .

وتركب حول الانبوب ملفات الانحراف وملف التركيز الطويل .

٢ ــ عمل الفيديكون (ذى الشعاع منخفض السرعة): لنمثل كل عنصر من عناصر لوح الهدف شبه الموصل بمقاومة R توصل معها على التوازي سعة C . وتتحدد شحنة وفلطية السعة C تبعا لتأثير الشعاع الماسح وشدة الاستضاءة .

واذا كان الشعاع الماسح مقطوعا ، فان جهد سطح لوح الهدف (U_t) الموجه نحو مدفع الكترونات يكون مساويا لجهد لوح الاشارة E_s (بفضل موصلية لوح الهدف) ، وتكون السعة C غير مشحونة .

وعندما يقوم شعاع منخفض السرعة بمسح لوح الهدف ، ترسو الكترونات الشعاع على سطح العنصر الذى يجرى مسحه فينخفض جهده U_t حتى يصبح مساويا الصفر (جهد التوازن فى الحالة $\sigma < 1$ ، كما مبين فى البند ٥ ــ ٢) . وفى هذه الحالة تنشحن سعة العنصر C الى فرق جهد يساوي جهد لوح الاشارة E_s . وبعدما يبتعد الشعاع عن العنصر الذى كان يمسحه يجرى تفريغ السعة C بسرعة تحددها المقاومة R (يحددها الثابت الزمنى RC) وطالما ان المقاومة R تقل كلما زادت شدة الاضاءة ، لذلك تزداد سرعة تفريغ السعة C كلما كانت الاضاءة اشد . وعندما يعود الشعاع لمسح نفس العنصر (بعد فترة تساوى فترة مسح الصورة كلها) تكون السعة C قد فرغت شحنة تزيد كلما زادت شدة استضاءة ذلك العنصر . وهكذا يصبح جهد سطح العنصر الموجه نحو مدفع الالكترونات (U_t) قبيل مسحه اكبر (اقرب الى جهد لوح الاشارة E_s) ، كلما كانت استضاءته اشد (الشكل ٦ ــ ٨ ، ب) وعندما يقوم الشعاع بمسح ذلك العنصر مرة ثانية ، يشحن السعة C حتى يصبح الجهد U_t مساويا للصفر ، فتمر فى مقاومة الحمل نبضة تيار تتناسب شدته مع الشحنة التى تحصل عليها السعة C ، فتزداد كلما زاد جهد العنصر U_t قبيل مسحه . وهكذا تنتج عن مسح لوح الهدف كله عنصرا عنصرا نبضات تيار متتالية تسبب بمرورها فى مقاومة الحمل هبوط جهد يتناسب معها . وهكذا تقل فلطية الاشارة U_s كلما زاد جهد العنصر U_t الذى يجرى مسحه ، اى تقل ، كلما زادت شدة الاستضاءة . وبهذا تكون فلطية الاشارة ذات قطبية سالبة .

٣ – مزايا وعيوب الفيديكون ومجال استخدامه : ان اهم مزايا الفيديكون هى حساسيته العالية ، وبساطة تصميمه ، وسهولة ضبطه ، وصغر حجمه ، وامكانية استخدامه لتلفزة الصور المضاءة بشتى الاشعاعات الطيفية : الاشعاع المرئى ، الاشعاع تحت الاحمر ، الاشعاع فوق البنفسجى ، وحتى اشعة اكس . ويمتاز الفيديكون بحساسية عالية لا تفوقها الا حساسية اورتيكون الصورة . ويفوق الفيديكون ببساطة تصميمه وسهولة ضبطه جميع انواع انابيب التصوير التلفزيونى . وتكفى لضبط الكاميرا التى تعمل بالفيديكون ثلاثة ضوابط هى : « تيار الشعاع » ، « تركيز الشعاع » ، و « جهد لوح الاشارة » . ويكفى اثناء الارسال ضبط « تيار الشعاع » و « جهد لوح الاشارة » فقط . اما الكاميرات التى تعمل بانابيب تصوير من انواع اخرى ، فهى تتطلب ٤ – ٦ ضوابط .

ولكن الفيديكون يتصف بعيب هام هو المداومة او التخلف . ويحد هذا العيب من امكانية استخدام الفيديكون لارسال صور الاشياء المتحركة بسرعة كبيرة . ويظهر التخلف على الصورة على شكل « اهداب » تلحق بالاشياء المتحركة فتسبب انخفاض التباين وتسئ الى بيان تفاصيل الصورة .

ويمكن ان ينتج التخلف فى الفيديكون عن القصور الذاتى للموصلية الكهرضوئية (تخلف تغيراتها عن تغيرات الاستضاءة) والقصور الذاتى لعملية معادلة جهد لوح الهدف اثناء مسحه .

وينتج التخلف فى الفيديكونات العصرية عن عملية المسح فقط . ويكمن سبب القصور الذاتى لهذه العملية فى ان مادة لوح الهدف ذات ثابت عزل كبير (قيمته ٦ – ١٠) ، بينما لا يتعدى سمك لوح الهدف ١٠ ميكرون ، بحيث تكون سعة كل عنصر من عناصر لوح الهدف (فى الفيديكون ذى القطر المساوى بوصة واحدة) حوالى ٠,١ بيكوفاراد . وهذه السعة كبيرة لدرجة ان الشعاع الماسح لا يستطيع ان يشحنها شحنا كاملا اثناء فترة مسح العنصر . ويتم تعادل جهد اى عنصر من عناصر لوح الهدف بعد مسحه عدة مرات . ولو استخدم لوح هدف ذو سمك كبير ، لتم امتصاص الضوء فى طبقته

السطحية ، بحيث يبقى الجزء الاساسى للوح الهدف غير متأثر بالضوء ، فيقوم بدور مقاومة كبح تقلل من حساسية الفيديكون .

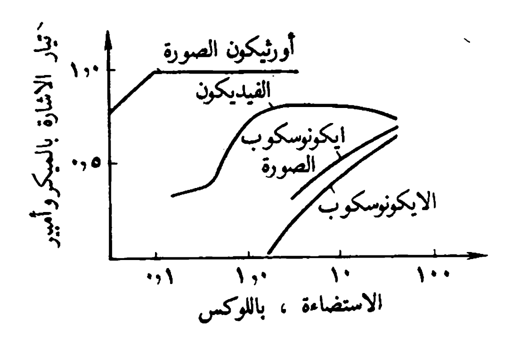
وينبغى ان تكون المقاومة النوعية للوح الهدف حوالى ١٠^١١ — ١٠^١٣ اوم/سم ، لانها لو كانت اكبر او اقل ، فان تفريغ سعات عناصر لوح الهدف يتم ببطء شديد او بسرعة كبيرة ، مما يقلل من تباين جهود عناصر لوح الهدف (صورة الشحنات) وينقص بالتالى اتساع اشارة الخرج .

ويمكن تقليل تخلف الفيديكون عمليا بزيادة شدة الاستضاءة . وهكذا تم تخفيف اثر التخلف تماما بتوفير استضاءة تبلغ ٢٠٠٠ لوكس (على لوح الهدف) عند استخدام الفيديكون لتلفزة الافلام السينمائية .

ويستخدم الفيديكون على نطاق واسع فى الاذاعة التلفزيونية (لتلفزة الافلام) وفى شتى مجالات التلفزيون (فى الدوائر التلفزيونية المغلقة) بفضل مزاياه الكثيرة .

البند ٦ — ٦ فكرة عن المنحنيات الضوئية التحويلية

ان المنحنى المميز الضوئى التحويلى لانبوب التصوير التلفزيونى هو المنحنى الذي يمثل العلاقة بين تيار الاشارة وشدة استضاءة اللوح الحساس للضوء ، فيعطى تقييما كميا لتحويل الصورة الضوئية الى اشارة كهربائية .



الشكل ٦—١٠ . المنحنيات التحويلية الضوئية لانابيب التصوير التلفزيونى

ويبين الشكل ٦ — ١٠ المنحنيات الضوئية التحويلية لبعض طرازات انابيب التصوير السوفييتية الصنع . ويتضح من هذا الشكل ان اقل الانابيب حساسية هو الايكونوسكوب واكثرها حساسية هو اورثيكون الصورة . ويبدأ المنحنى

التحويلى للايكونوسكوب عند استضاءة لوح الهدف بمقدار لوكس واحد تقريبا ، بينما يبدأ المنحنى التحويلى لاورثيكون الصورة عند حوالى جزاء من الف من اللوكس . ولكن مدى تغير الاستضاءة الذى يسمح به اورثيكون الصورة محدود نسبيا ، اذ ان تيار اشارته يصل الى الاشباع (الى قيمة لا يتعداها) عند ٠,١ لوكس تقريبا . ويفسر هذا بأن زيادة شدة الاستضاءة الى هذا الحد تؤدى الى زيادة جهد لوح الهدف حتى يصبح مساويا لجهد الشبكة المعدنية الموجودة امامه ، فلا يعد باستطاعتها ان تجتذب الالكترونات الثانوية المنبعثة منه . واذا تعدت شدة الاستضاءة ذلك الحد تجبر الشبكة المعدنية جزءا من الالكترونات الثانوية على العودة الى لوح الهدف . واذا كانت شدة الاستضاءة المناظرة لاحدى نقاط لوح الهدف اعلى كثيرا من حد الاشباع ، فان كمية كبيرة من الالكترونات الثانوية التى تبتعثها تعود اليها والى النقاط المحيطة بها ، مما يؤدى الى ظهور هالة حول النقطة المناظرة لها فى الصورة المعاد انتاجها . ولذلك ينبغى ضبط شدة استضاءة لوح الهدف بحيث لا تتعدى كثيرا حد الاشباع ، مما يحد من المدى الديناميكى (مدى تغير شدة الاستضاءة) لاورثيكون الصورة .

البند ٦ ـ ٧ المونوسكوب

المونوسكوب هو انبوب شعاع الكترونى ذو لوح هدف من مادة معينة (كالالومنيوم) ، رسمت (طبعت) على سطحه صورة ثابتة من مادة أخرى (كالجرافيت) تختلف بمعامل الابتعاث الثانوى . وعندما يقوم شعاع المونوسكوب بمسح لوح هدفه ، تتولد اشارة مناظرة للصورة التى طبعت على هذا اللوح . ويستخدم المونوسكوب عادة لتوليد اشارة صورة الاختبار التلفزيونية .

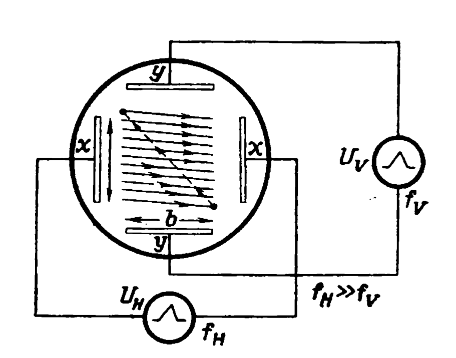
الفصل السابع

المسح التلفزيونى وطيف الاشارة التلفزيونية

البند ٧ــ١ المسح التقدمى

ان المسح التقدمى (المتتالى) هو ابسط اشكال المسح التلفزيونى . وهو يجرى فى حالة الانحراف الالكتروستاتى على النحو التالى :

تسلط على لوحى الانحراف الافقى H فلطية سن المنشار U_H من مولد الانحراف الافقى ذى التردد f_H (الشكل ٧ ــ ١) . وبتأثير هذه الفلطية يتحرك الشعاع الالكترونى بسرعة ثابتة من اليسار الى اليمين (وبهذا يقوم بالمسح الافقى الفعال) ، ثم يرجع بسرعة كبيرة من اليمين الى اليسار (وهكذا يتم الرجوع او الارتداد الافقى) .



الشكل ٧ ــ ١ . تكوين الهيكل الخطى على شاشة انبوب اشعة الكاثود فى حالة الانحراف الالكتروستاتى

وتسلط على لوحى الانحراف الرأسى V فلطية سن المنشار U_v من مولد الانحراف الرأسى ذى التردد f_v . وبتأثير هذه الفلطية يهبط الشعاع تدريجيا من الاعلى الى الاسفل (وبهذا يقوم بالمسح الرأسى الفعال) ، ثم يرتفع بسرعة الى الزاوية العليا اليسرى (وهكذا يتم الارتداد الرأسى) .

وطالما ان تردد المسح الافقى اعلى كثيرا من تردد المسح الرأسى ($f_H \gg f_V$) ، تتكون على الشاشة شبكة مستطيلة الشكل، من خطوط مضيئة

متوازية وافقية تقريبا ، تسمى الهيكل الخطى (او الراستر) . وتسمى نسبة عرض الهيكل الخطى b الى ارتفاعه h نسبة الشكل K :

$$K = \frac{b}{h}$$

ولما كان الشعاع الالكترونى ينزل تدريجيا ببطء اثناء المسح الرأسى الفعال ، فان خطوط المسح المتجهة من اليسار الى اليمين تميل نحو الاسفل ميلا غير ملحوظ عمليا .

ويفترض فى الشكل ٧ ــ ١ ان فترة الارتداد الرأسى صغيرة جدا . ولكنها فى الواقع أكبر من فترة المسح الافقى بعدة مرات (الشكل ٧ ــ ٢) . ولذلك يتنقل الشعاع من اليمين الى اليسار ومن اليسار الى اليمين عدة مرات اثناء صعوده من الزاوية اليمنى السفلى الى الزاوية اليسرى العليا . و« يرسم » الشعاع اثناء ارتداده رأسيا خطوطا اكثر ميلا من الخطوط التى « يرسمها » فى فترة المسح الرأسى الفعال .

الشكل ٧ ــ ٢ . الاشكال الموجية لفلطيات المسح

ويتكرر مسح كل اطار (صورة) بتردد n يساوى فى حالة المسح التقدمى (المتتالى) تردد المسح الرأسى f_v . وتستخدم لارسال الصورة فترة المسح الفعال للاطار (فترة المسح الرأسى الفعال) فقط ، ومن ثم تكون خطوط الارتداد الرأسى غير فعالة . ويسمى مجموع عدد الخطوط الفعالة وغير الفعالة العدد الاسمى لخطوط مسح الاطار (الصورة) . وهو يساوى عدد مرات المسح الافقى خلال دورة مسح الاطار :

$$Z = \frac{f_H}{n}$$

وفى حالة المسح التقدمى ، حيث $n = f_V$:

$$Z = \frac{f_H}{f_V}$$

وعلى سبيل المثال ، اذا كان تردد المسح الافقى ٢٠ كيلوهرتز ، وتردد المسح الرأسى ٥٠ هرتز ، فان العدد الاسمى لخطوط المسح هو ٤٠٠ خط .

البند ٧ ــ ٢ الطيف الترددى لاشارة الصورة فى حالة المسح التقدمى

ان حساب وتصميم المنظومات التلفزيونية يتطلب معرفة الطيف (التركيب) الترددى للاشارة التلفزيونية ، ويتطلب بالدرجة الاولى تحديد عرض الطيف ، او الترددين الادنى والاقصى لاشارة الصورة .

ويتوقف الطيف التلفزيونى على محتوى الصورة وبارامترات المسح (عدد الخطوط الاسمى Z وعدد الاطارات فى الثانية n ونسبة الشكل K) .

لنفترض ان الصورة المسقطة على الكاثود الضوئى لانبوب التصوير التلفزيونى تتألف من اشرطة رأسية سوداء وبيضاء (الشكل ٧ ــ ٣) . وفى هذه الحالة يولد الانبوب اشارة (تيار او فلطية) نبضية ، تتغير قيمتها تبعا لاستضاءة عناصر الكاثود الضوئى . واذا كان عدد الاشرطة m زوجيا ، فان عدد نبضات

الاشرطة البيضاء (تناظرها فى صورة الشحنات جهود موجبة) أشرطة سوداء

عدد خطوط المسح Z

عدد الاشرطة

U t T_H

الشكل ٧ ــ ٣ . الاشارة التلفزيونية المناظرة للاشرطة الرأسية السوداء والبيضاء

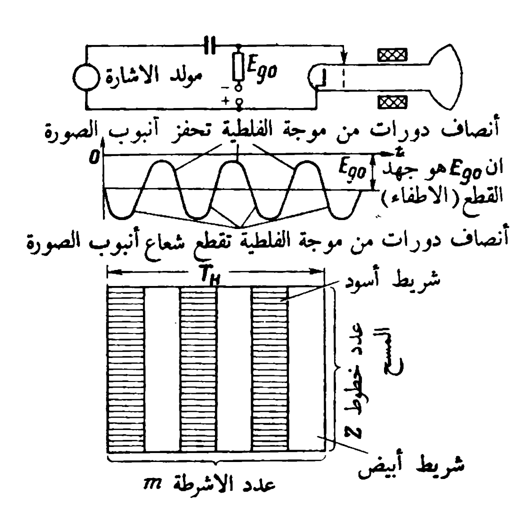
الاشارة المتولدة اثناء فترة المسح الافقى $\left(T_H = \frac{1}{f_H}\right)$ يكون مساويا $\frac{m}{2}$ (فيما اذا اهملنا فترات الارتداد الافقى والرأسى) . ويتولد اثناء فترة مسح الاطار عدد من النبضات ، اكبر Z مرة ، ويساوى $\frac{m}{2}Z$. ويتولد خلال ثانية واحدة عدد من النبضات اكبر n مرة ، فيكون تردد تكرار النبضات :

$$f = \frac{m}{2}Zn \qquad (7.1)$$

فاذا كان عدد الاشرطة السوداء والبيضاء هو ٢٠ وعدد خطوط المسح ٥٠٠ والتردد الاطارى ٥٠ هرتز (٥٠ اطار فى الثانية) ، فان تردد نبضات اشارة الصورة :

$$f = \frac{m}{2} Zn = \frac{20 \cdot 500 \cdot 50}{2} = 250\,kHz$$

واذا سلطنا على الكترود تحكم انبوب الصورة اشارة نبضية او جيبية ذات تردد مساو $f = \frac{m}{2} Zn$ ، وذات اتساع كبير لدرجة كافية ، تظهر



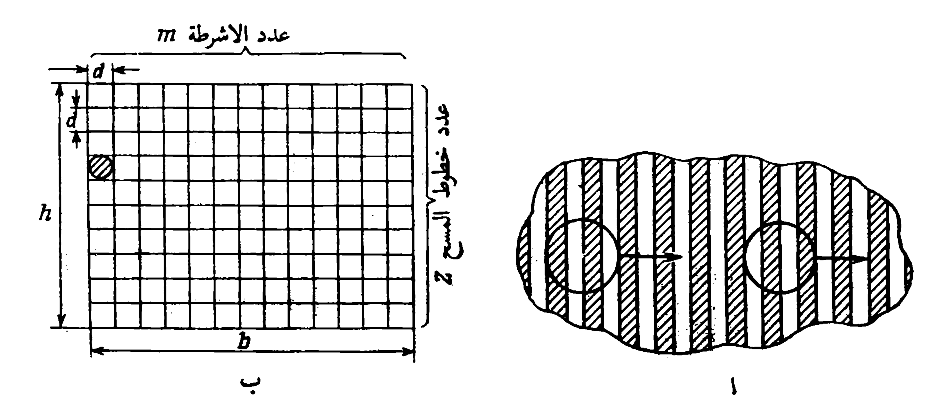
الشكل ٧ — ٤ . الحصول على اشرطة رأسية سوداء و بيضاء ($f_H < f$) على شاشة جهاز تلفزيون

على الشاشة صورة بيضاء وسوداء (الشكل ٧ — ٤) ، عددها يساوى عدد الاشرطة المتلفزة .

وتبين العلاقة (7.1) ان تردد نبضات اشارة الصورة يتناسب طرديا مع عدد الاشرطة m . فلكى نحدد اقصى قيمة لتردد اشارة الصورة ، يجب ان نجد اقصى عدد للاشرطة m_{max} .

ان الشعاع الماسح فى انبوب التصوير ذو قطر محدود ، ولذا فمن المستحيل زيادة عدد الاشرطة m الى مالانهاية . ولو كان عرض كل تفصيل من تفاصيل الصورة المسقطة على لوح الهدف مساويا تقريبا لقطر الشعاع

او اكبر منه ، فان قيمة اتساع اشارة الصورة ونسبة تباين الصورة المتلفزة تنخفضان بشدة ، لان الشعاع الالكتروني « يقرأ » فى كل لحظة عددا متماثلا تقريبا من الاشرطة السوداء والبيضاء (الشكل ٧ ــ ٥) . ولذلك



الشكل ٧ ــ ٥ . رسم يوضح حساب العدد الاقصى للاشرطة الرأسية السوداء والبيضاء : فى الحالة (أ) الاشرطة ضيقة جدا ، بحيث « يقرأ » الشعاع الالكترونى فى كل لحظة عددا متساويا من الاشرطة السوداء والبيضاء ؛ وفى الحالة (ب) قطر الشعاع يساوى عرض خط المسح

يعتبر تردد اشارة الصورة فى هذه الحالة كاقصى تردد لها . ويفترض ان قطر الشعاع يساوي ارتفاع كل خط من خطوط المسح . وهكذا يكون العدد الاقصى للاشرطة الرأسية السوداء والبيضاء هو عددها عندما يكون عرض كل شريط d مساويا ارتفاع خط المسح ، بحيث يكون ذلك العدد :

$$m_{\max} = \frac{b}{d} = \frac{b}{h} Z = KZ$$

واذا كان الاطار مربعا ، فان العدد الاقصى للاشرطة m_{max} يساوى عدد خطوط المسح ($m_{\max} = Z$). وعندما $K \neq 1$ ، فان $m_{\max} = KZ$.

ويمثل المربع ذو المساحة d^2 اصغر تفصيل من تفاصيل الصورة يمكن تلفزته بتباين كاف . ولذلك يتحدد العدد الاقصى لتفاصيل (عناصر) الصورة حسب العلاقة :

$$N_{\max} = m_{\max} Z = KZ^2$$

فاذا كان $Z = 625$ ، $K = \frac{4}{3}$ ، كما فى النظام التلفزيونى الاوربى ، نجد :

$$N_{max} = KZ^2 = \frac{4}{3} \cdot 625^2 \approx 500\,000$$

اى حوالى نصف مليون عنصر .

ولكن العدد الحقيقى لعناصر الصورة اصغر من هذا العدد ، لان عدد خطوط المسح الفعالة اقل من العدد الاسمى لخطوط المسح .

وطالما ان $m_{max} = KZ$ ، يتحدد التردد الاقصى f_{max} من العلاقة (7.1) على الشكل :

$$f_{max} = \frac{KZ^2}{2} n \qquad (7.2)$$

واذا كان عدد الخطوط مساويا ٤٠٠ والتردد الاطارى ٥٠ هرتز ونسبة الشكل $\frac{٤}{٣}$ ، فان التردد الاقصى :

$$f_{max} = \frac{KZ^2}{2} n = \frac{4}{3} \cdot \frac{400^2}{2} \cdot 50 \approx 5.3 \text{ MHz}$$

وهكذا يمكن ان يكون التردد الاعلى للاشارة الصورية (اشارة الصورة) كبيرا جدا ، حتى عدة ميجاهرتزات

وتبين العلاقة (7.1) ان تردد نبضات الاشارة المناظرة للاشرطة الرأسية السوداء والبيضاء يقل كلما قل عدد الاشرطة ، ويكون اقل ما يمكن (نبضة واحدة فى كل فترة مسح افقى) اذا كان عدد الاشرطة $m = 2$. ولذلك يكون ادنى تردد فى حالة ارسال الاشرطة الرأسية $f = Zn$ ، وهذا التردد هو نفس تردد المسح الافقى f_H .

ويمكن ان يكون تردد الاشارة الصورية اقل من التردد

أشرطة سوداء
عدد الأشرطة m
T
عدد خطوط المسح Z
t
أشرطة بيضاء (تناظرها فى صورة الشحنات جهود موجبة)

الشكل ٧ — ٦ . الاشارة التلفزيونية الناتجة عن مسح الاشرطة الافقية السوداء والبيضاء

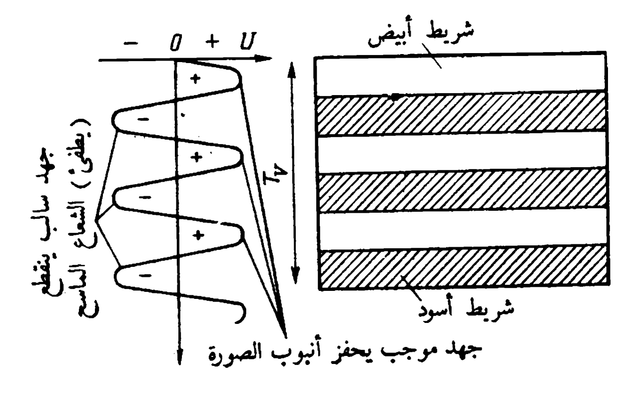
الافقى f_H ، اذا كانت الصورة المسقطة على الكاثود الضوئى لانبوب التصوير التلفزيونى هى عبارة عن اشرطة افقية سوداء وبيضاء . ويولد الانبوب فى هذه الحالة نبضات مناظرة لهذه الاشرطة ، امد كل منها اكبر من فترة المسح الافقى T_H عدة مرات . ويبين الشكل ٧ — ٦ ان عدد النبضات المتولدة اثناء فترة مسح الاطار $\left(T_V = \frac{1}{n}\right)$ يساوى نصف عدد الاشرطة الافقية السوداء والبيضاء (اى $\frac{m}{2}$) . وهكذا يتولد خلال ثانية واحدة عدد من النبضات يساوى $\frac{m}{2}n$ ، فيكون تردد نبضات اشارة الصورة فى حالة تلفزة الاشرطة الافقية السوداء والبيضاء :

$$f = \frac{m}{2} n \qquad (7.3)$$

وفى حالة المسح التقدمى يكون التردد الاطارى n مساويا لتردد المسح الرأسى f_0 ، ومن ثم :

$$f = \frac{m}{2} f_V \qquad (7.4)$$

واذا سلطنا على الكترود تحكم انبوب الصورة فلطية موجة مستطيلة (نبضية) او جيبية ، ذات اتساع كبير لدرجة كافية ، بتردد $f = \frac{m}{2} f_V$ ،



الشكل ٧ — ٧ . الحصول على اشرطة افقية سوداء وبيضاء على شاشة جهاز تلفزيون

تتكون على الشاشة صورة اشرطة افقية بيضاء وسوداء (الشكل ٧ — ٧) ، عددها يساوى عدد الاشرطة المتلفزة .

واذا كان التردد الرأسى هو ٥٠ هرتز ، فان عدد الاشرطة الافقية السوداء والبيضاء المناظرة لاشارة ترددها ٥٠٠ هرتز :

$$m = \frac{2f}{f_V} = \frac{2 \cdot 500}{50} = 20$$

وينبغى الا يكون عرض الاشرطة الافقية اقل من عرض خط المسح ، لكى لا يغطى الشعاع الالكترونى فى نفس الوقت شريطين او اكثر من الاشرطة السوداء والبيضاء . ولذلك يكون العدد الاقصى للاشرطة الافقية السوداء والبيضاء مساويا لعدد خطوط المسح ($m = Z$)، بحيث يكون اعلى تردد للاشارة الصورية المناظرة :

$$f_{\max} = \frac{Z}{2} n = \frac{f_H}{2}$$

ويكون تردد الاشارة الصورية اقل ما يمكن اذا كان عدد الاشرطة الافقية السوداء والبيضاء مساويا اثنين ، اى اذا كانت الصورة تتألف من شريطين افقين اسود وابيض ، وهكذا يكون التردد الادنى للاشارة الصورية $f_{\min} = \frac{2}{2} n = n$ ، اي يساوى التردد الاطارى (او تردد المسح الرأسى f_V):

$$f_{\min} = n = f_V \qquad (7.5)$$

وعلى هذا النحو يتوقف التركيب الترددى لاشارة الصورة على محتوى الصورة وبارامترات المسح . ونحصل على ادنى تردد لاشارة الصورة عند ارسال صورة زوج واحد من الاشرطة الافقية السوداء والبيضاء وهو يساوى التردد الاطارى او تردد المسح الرأسى ، بينما نحصل على اقصى تردد عند ارسال صورة اشرطة رأسية سوداء وبيضاء ، عرض كل منها يساوي عرض خط المسح .

ويتحدد عرض الطيف التلفزيونى اساسا بأعلى تردد للاشارة الصورية لانه اكبر كثيرا من التردد الادنى .

ويبين الجدول ٧ ـ ١ العلاقات التى حصلنا عليها الحالة المسح التقدمى .

الجدول ٧ — ١

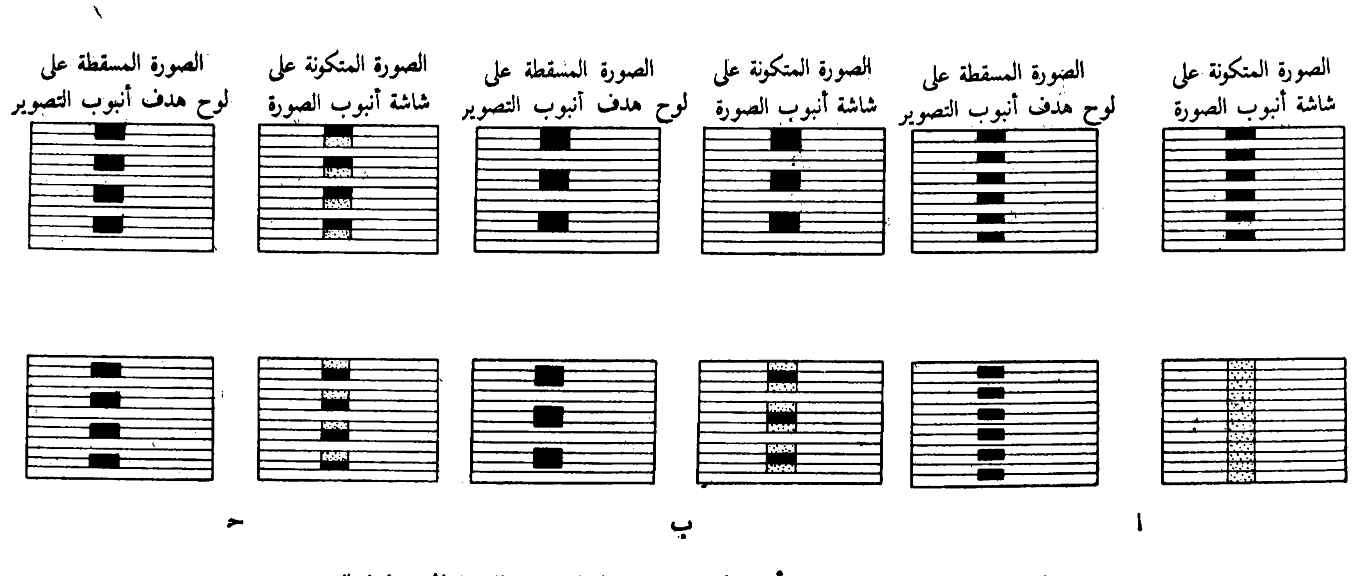
الصورة	تردد الاشارة
	$f_{max} = \frac{KZ^2}{2} n$ ؛ $f = \frac{m}{2} f_H = \frac{m}{2} Zn$
	$f = Zn = f_H$
	$f = \frac{m}{2} f_V = \frac{m}{2} n$
	$f = n = f_{min}$

البند ٧ — ٣ بيان الصورة التلفزيونية

ان بيان الصورة التلفزيونية (بيان التفاصيل او دقة التبين او التحليل) هو احد اهم مقاييس جودة الارسال التلفزيونى ، اذ يميز جودة اعادة انتاج (امكانية تبين) ادق تفاصيل الصورة

ويتحدد البيان الرأسى بالعدد الاقصى للتفاصيل التى يمكن التمييز بينها على طول ارتفاع الاطار (الصورة) . وهو يتوقف على الفرق (Z') بين عدد الخطوط الاسمى Z وعدد خطوط الارتداد الرأسى التى يتم اظلامها او « اطفاؤها » بواسطة نبضات الاطفاء . ويعتمد البيان الرأسى ايضا على وضع تفاصيل الصورة بالنسبة الى خطوط المسح ، كما يعتمد على مقاس النقطة الماسحة (قطر الشعاع الالكترونى) او جودة التركيز ، ولا يتوقف عمليا على عرض النطاق الترددى لقناة الاشارة التلفزيونية .

لنفترض ان الصورة المتلفزة عبارة عن اشرطة افقية سوداء وبيضاء ، كما فى الشكل ٧ — ٨ . فاذا كان عرض كل شريط يساوى عرض خط المسح (اى يساوي قطر النقطة الماسحة) . كما فى الحالة (أ) . فان البيان الرأسى



الشكل ٧ – ٨ . اعتماد البيان الرأسى على وضع تفاصيل الصورة بالنسبة الى خطوط المسح

يساوى عدد الخطوط الحقيقى Z' عندما تكون الشرط موضوعة بدقة على خطوط المسح ، ويساوى الصفر (اى لن يعاد انتاج صورة الشرط) عندما تكون الشرط منزاحة رأسيا بالنسبة الى خطوط المسح بمقدار نصف ارتفاع الشرطة . واذا كان ارتفاع الشرطة مساويا ضعف عرض خط المسح ، كما فى الحالة (ب) ، فان البيان الرأسى لا يعتمد على الوضع النسبى للشرط وخطوط المسح ، ولكنه يساوى فى هذه الحالة نصف عدد خطوط المسح ($0.5Z'$) . ويعتبر البيان الرأسى مساويا وسطيا $0.75Z'$ ، اى ما يقابل ارسال صورة شرط افقية ارتفاع كل منها اكبر مرة ونصف من عرض خط المسح ، كما فى الحالة (ج).

ويتحدد البيان الافقى بمقاييس النقطة الماسحة وشكلها (اى يتحدد بجودة التركيز) ، كما يتوقف على شكل المنحنى المميز الترددى لقناة الاشارة .

البند ٧ ــ ٤ اختيار بارامترات المسح التقدمى

بعد تحديد العلاقة بين عرض طيف الاشارة التلفزيونية وبارامترات المسح يمكن ان نبين كيفية اختيار هذه البارامترات .

١) اختيار التردد الاطارى (n) : مما سبق ان ذكرنا فى الفصل الاول تتصف عين الانسان بقصور الاحساس البصري (مداومة الابصار) لمدة تبلغ تقريبا عشر الثانية . ويستفاد من هذه الظاهرة فى التلفزيون كما يستفاد منها فى السينما .

وفى السينما يتم تصوير لقطات متتابعة بسرعة كبيرة للاشياء المراد عرضها على الشاشة ثم يتم عرض هذه اللقطات (اطارات الفلم) بنفس السرعة . ويكفى ان يكون تردد تتابع الاطارات اكثر من حوالى ١٠ اطارات فى الثانية حتى نرى على الشاشة صورا متحركة حركة منسجمة (متصلة) للاشياء المتحركة بسرعة غير كبيرة جدا . واذا كان تردد تتابع الاطارات منخفضا نسبيا (حوالى ١٠ هرتز) يلاحظ المشاهد وجود ارتعاش فى سطوع الصورة على الشاشة . ولكى يختفى الاحساس بالارتعاش ينبغى ان يكون تردد تتابع الاطارات اعلى من التردد الحرج (الشكل ١ ــ ٨) . واذا كان النصوع الوسطى للشاشة

حوالى ٣٠ شمعة/م٢ ، فان التردد الحرج للارتعاش يساوى ٤٠ هرتز تقريبا . ويكفى ان يكون التردد الاطارى مساويا لهذه القيمة حتى نحصل على الشاشة على صورة منسجمة الحركة ، لا ارتعاش فيها .

وقد يتساءل القارئ : لماذا لا نلاحظ الارتعاش فى السينما رغم ان تردد تتابع اطارات الفلم هو ٢٤ اطاراً فى الثانية ؟ والواقع ان تصوير الفلم السينمائى يتم بسرعة ٢٤ لقطة (اطارا) فى الثانية ، وكذلك يتم تبديل الاطارات عند عرض الفلم ٢٤ مرة فى الثانية . ولكن كل اطار يسقط على الشاشة مرتين ، بواسطة القرص الدوار (الغالق او الحاجب) الذى يقوم بقطع (حجب) الضوء الساقط على الشاشة مرتين خلال الفترة المخصصة لعرض كل اطار : مرة اثناء تحريك الفلم (اثناء تبديل الاطار) ، ومرة اثناء توقف الفلم (اثناء ثبات الاطار امام عدسة الاسقاط) . ولذلك يكون تردد الارتعاش فى حالة العرض السينمائى مساويا ضعف التردد الاطارى ، اى ٤٨ هرتز .

ومما ينبغي مراعاته عند اختيار التردد الاطارى في التلفزيون تأثير مويجات فلطيات التغذية والمجالات المغنطيسية الشاردة من محولات القدرة ، اذ ان هذه المجالات تؤثر على الشعاع الالكترونى فى انبوب الصورة ، فيمكن ان تؤدى الى تشويه الشكل الهندسى للصورة ، كما ان مويجات فلطيات التغذية تسبب ظهور اشرطة افقية مظلمة . واذا كان تردد المسح الرأسى (التردد الاطارى) وتردد منبع القدرة متساويين ، فان الاشرطة الافقية الناتجة على شاشة انبوب الصورة تتحرك الى الاعلى او الى الاسفل ، كما ان الصورة كلها تتشوه تشوها متغيرا بسرعة يحددها الفرق بين الترددين المذكورين وعندما يكون هذان الترددان متساويين ، تكون الاشرطة الافقية ثابتة ، ولهذا تلاحظ بدرجة اقل .

ولذلك كان تردد المسح الرأسى قد اختير مساويا لتردد المنبع (وهو ٥٠ هرتز فى النظام القياسى السوفييتى والاوربى و٦٠ هرتز فى النظام القياسى الامريكى) . وتسمح مزامنة التردد الاطارى (الرأسى) مع تردد المنبع بتبسيط مرشحات التغذية (تسمح بنسبة اكبر من الموجات) ، كما تبسط حجب محولات القدرة . ولكن مزامنة التردد الاطارى وتردد المنبع لا تمنع حركة « طنين المنبع » على صورة الاجهزة الموجودة فى مكان ذى منبع قدرة مستقل

عن المنبع الذى تتغذي منه محطة التلفزيون ، كما يحدث فى الآونة الاخيرة فى كثير من الاحيان نتيجة لشيوع ارحال البرامج التلفزيونية الى مسافات بعيدة . وبالاضافة الى ذلك ، ليس من المرغوب فيه ربط التردد الاطارى بتردد المنبع فى حالة الارسال التلفزيونى الملون . ولذلك اخذت محطات التلفزيون اخيرا تعمل بدون مزامنة التردد الاطارى مع تردد المنبع ، على ان تصمم اجهزة التلفزيون بحيث يتم تحسين ترشيح الفلطيات المقومة وتقليل المجالات الشاردة من المحولات .

٢) اختيار عدد خطوط المسح Z : لكى نحصل على احسن بيان للصورة فى الاتجاه الرأسى ، يفضل ان يكون عدد خطوط المسح كبيرا . وتتطلب زيادة هذا العدد تصغير قطر الشعاع الماسح ، اى تتطلب تحسين تركيز الشعاع على سطح الشاشة . وتسمح التكنولوجيا المعاصرة بجعل عدد خطوط المسح ١٠٠٠ واكثر . ولكن زيادة هذا العدد تؤدى الى زيادة عرض الطيف الترددي الذى يتناسب مع مربعه . ولذلك ينبغى اختيار العدد Z انطلاقا من حل وسط مناسب لكل من بيان الصورة وعرض الطيف التلفزيونى .

وقد اختير عدد خطوط المسح فى مختلف الانظمة التلفزيونية عدة مئات . وهو يساوى فى النظام التلفزيونى السوفييتى والاوربى ٦٢٥ ، وبهذا يمكن الحصول على جودة عالية جدا للصورة التلفزيونية .

وفى حالة المسح التقدمى ، عندما يكون عدد الخطوط ٦٢٥ والتردد الاطارى ٥٠ ونسبة الشكل $\frac{٤}{٣}$ ، يكون اقصى تردد لاشارة الصورة :

$$f_{\max} = \frac{KZ}{2} n = \frac{4}{3} \cdot \frac{625^2}{2} \cdot 50 \approx 12.5 \text{ HMz}$$

وطالما ان من الصعب ارسال مثل هذا الطيف العريض بدون تشويه عبر قنوات الاتصال ، لذلك يستخدم فى حالة المسح التقدمى عدد اقل من الخطوط : حوالى ٣٠٠ او ٤٠٠ .

البند ٧ ـ ٥ المسح بتردد اطارى منخفض

ان خصائص الطرائق التلفزيونية لارسال المعلومات تتلخص فى ضرورة استخدام قنوات اتصال عريضة النطاق الترددى . وهذه القنوات اعتد كثيرا

من القنوات عريضة النطاق المستخدمة فى اللاسلكى والاذاعة الصوتية . ولا يمكن ارسال الاشارات التلفزيونية عريضة النطاق لاسلكيا ، الا فى مدى الموجات القصيرة جدا ، ضمن نطاق ترددى عرضه عدة ميجاهرتزات . وتؤدى زيادة عرض الطيف الترددى الى ارتفاع مستوى الضوضاء الداخلة الى جهاز الاستقبال ، مما يتطلب رفع قدرة جهاز الارسال واستخدام هوائيات استقبال حادة الاتجاهية ، كما يتطلب اجراءات خاصة لتخفيض مستوى الضوضاء المتولدة داخل جهاز الاستقبال . ولذلك من المهم عمليا استخدام اساليب تسمح بتقليل عرض نطاق ترددات الاشارة التلفزيونية . ومن هذه الاساليب طريقة المسح التقدمى بتردد اطارى اقل من تردد الارتعاش الحرج ($n < 40$ Hz)، على ان يزال الارتعاش فى هذه الحالة ، مثلا باستخدام شاشة ذات مداومة كافية للاحتفاظ بالصورة مدة طويلة نسبيا . وهكذا يمكن تخفيض التردد الاطارى الى عدة هرتزات اذا استخدمت انابيب صورة ذات شاشات تبلغ مداومتها عشرات الثوانى . ويمكن استخدام تلك الطريقة لارسال صور الاشياء الساكنة او المتحركة بسرعات منخفضة ، ولكنها غير مجدية فى حالة الاشياء المتحركة بسرعة كبيرة ، لأن اعادة انتاج صور هذه الاشياء على شاشة كبيرة المداومة يؤدى الى ظهور « اهداب » لها تتحرك معها .

ويمكن مثلا استخدام طريقة المسح بتردد اطارى منخفض من اجل ارسال صورة شاشة محطة الرادار ، اذ ان العلامات التى تظهر على هذه الشاشة تتحرك ببطء .

وقد لقيت طريقة « المسح القليل الاطارات » استخداما ناجحا لارسال صور الجانب الخلفى للقمر من متن سفينة الفضاء الاوتوماتية السوفييتية فى عام ١٩٥٩ . وقد سمحت تلك الطريقة بتضييق النطاق الترددى لدرجة اتاحت الامكانية لاستخدام جهاز ارسال قدرته عدة واطات فقط ، رغم ان السفينة كانت بعيدة عن الارض مئات آلاف الكيلومترات .

واستخدمت نفس الطريقة فيما بعد لارسال صور سطح القمر من السفن الفضائية السوفييتية « لونا — ٩ » ، « لونا — ١٣ » ، « لونا خود — ١ » والسفن الفضائية الامريكية « سيرفير — ١ »، « سيرفير — ٣ » ، كما استخدمت فى

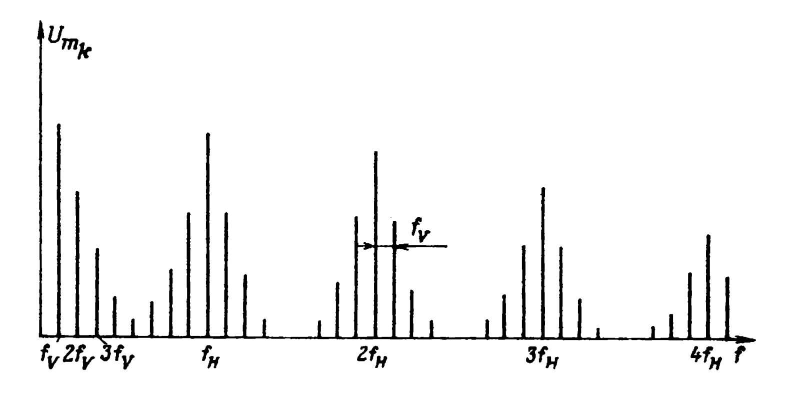
التوابع الاصطناعية الميتيورولوجية (الخاصة بالاحوال الجوية) لارسال صور سطح الارض وطبقات الغيوم .

ويجدر ان نذكر ان العالم السوفييتي كاتايف كان اول من تقدم بفكرة التلفزة بتردد اطاري منخفض واختبرها تجريبيا في الثلاثينيات .

البند ٧ - ٦ تركيب الطيف الترددي للاشارة التلفزيونية

سبق ان استعرضنا العلاقة بين تردد الاشارة الصورية ومحتوى الصورة المتلفزة وبارامترات المسح ، واستنتجنا المعادلات التي يمكن بواسطتها حساب الحدين الادنى والاقصى لطيف الاشارة التلفزيونية . ومن المهم جدا ايضا تحديد تركيب الطيف ، اى شكل الرسم البياني الطيفي .

ومن المعروف ان الطيف الترددي للاشارة الكهربائية هو عبارة عن مجموعة المركبات التوافقية (التوافقيات) المؤلفة لتلك الاشارة المعقدة . ويمثل الطيف بيانيا بمجموعة خطوط رأسية يتناسب ارتفاع كل منها مع اتساع التوافقية المناظرة ، ويتحدد وضع كل منها على المحور الافقي بالتردد المناظر . وكما بين العالمان الاميركيان ميرتز وجري في عام ١٩٣٤ ، يتميز طيف الاشارة التلفزيونية بأنه غير متصل (بخلاف طيف الاشارة الاذاعية الصوتية) ، بل يتألف من خطوط منفصلة (الشكل ٧ - ٩) ، تمثل توافقيات تردد المسح



الشكل ٧ - ٩ . طيف الاشارة التلفزيونية المناظرة لصورة غير متحركة

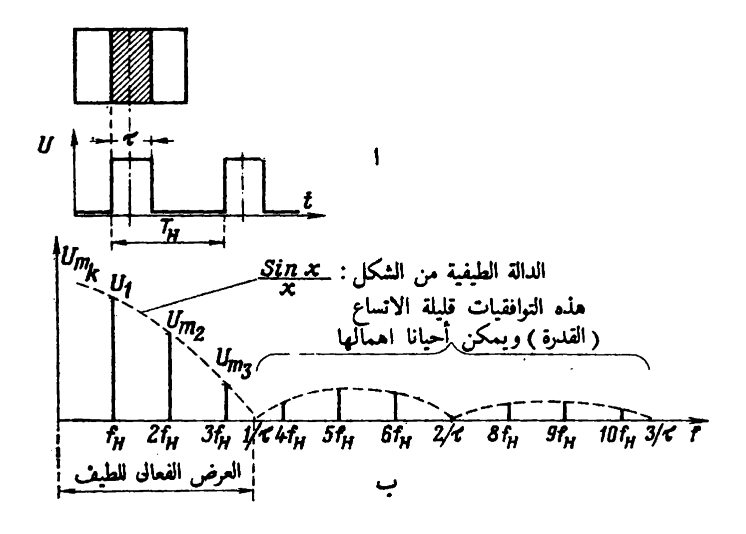
الافقى ، ومركبات طيفية اخرى مركزة حول هذه التوافقيات وتبعد عنها بمقدار تردد المسح الرأسى او اضعافه .

ومن الممكن تحليل طيف الاشارة التلفزيونية رياضيا باستخدام متسلسلة « فورييه » المزدوجة . ولكن يمكن شرحه بدون تعقيد كما يلى :

لنتأمل اولا اطياف الاشارات التلفزيونية المناظرة لابسط الصور .

١) طيف اشارة الصورة المتحوية على تفاصيل رأسية او افقية فقط :

لنفترض ان الشئ المتلفز عبارة عن شريط رأسى عريض (الشكل ٧ ــ ١٠. أ)، ويولد انبوب التصوير عند تلفزة ذلك الشئ نبضات مستطيلة



الشكل ٧ ــ ١٠ . الشكل الموجى للاشارة المناظرة لشريط رأسى (أ) وطيف هذه الاشارة (ب)

الشكل ، مدة دورها T_H وامد كل منها τ . ويمكن تمثيل هذه النبضات ، كأية دالة دورية بمتسلسلة فورييه .

وتنص نظرية فورييه على امكانية تمثيل اية دالة دورية بمجموع مركبة مستمرة ومركبات توافقية (مركبات جيبية او مركبات جيب التمام) تردداتها من اضعاف التردد الاساسى (التوافقية الاولى) . والدالة الدورية فى الحالة المذكورة هى موجة نبضات مستطيلة ، ترددها الاساسى هو تردد المسح

الافقى f_H . وتمثل الموجة المستطيلة حسب نظرية فورييه بمركبات جيب التمام فقط على الشكل :

$$u = U_0 + U_{m1} \cos \omega t + U_{m2} \cos 2 \omega t + \dots + U_{mk} \cos k \omega t$$

حيث u القيمة اللحظية للاشارة ،
و U_0 المركبة المستمرة (مركبة التيار المستمر) ،
و U_{mk} اتساع (قيمة ذروة) التوافقية رقم k .

ويعتمد اتساع كل توافقية على ترددها مثلما تعتمد الدالة $\left|\frac{\sin x}{x}\right|$ على المتغير x (الشكل ٧ — ١٠ ، ب) . وعلى هذا النحو نجد ان اتساع التوافقيات التى تكون تردداتها من اضعاف $\frac{1}{\tau}$ يساوى الصفر ، اى انها تغيب عن الطيف .

ويتركز الجزء الاعظم من طاقة الاشارة (٩٠ — ٩٥ ٪) فى نطاق ترددى يمتد من الصفر حتى $\frac{1}{\tau}$. ويعتبر هذا النطاق العرض الفعال* للطيف ، وهو يتناسب عكسيا مع امد النبضة .

وهكذا نجد ان الطيف الترددى للموجة المستطيلة هو طيف غير متصل ، لأن الطاقة معدومة بين توافقيات تردد تكرار النبضات (فى الحالة المذكورة تردد المسح الافقى) .

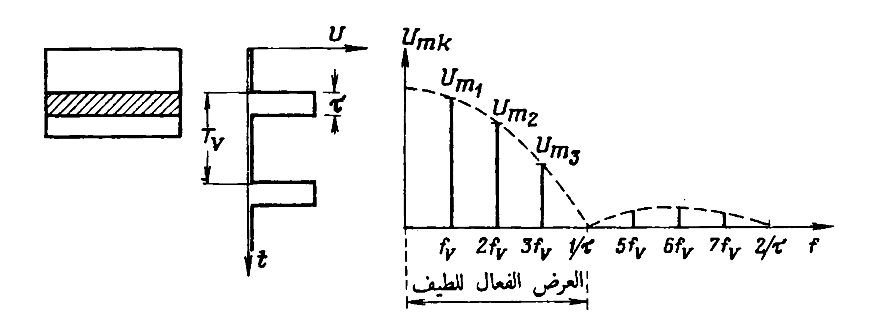
كما وان طيف النبضة الوحيدة يمكن ان يعتبر كطيف متسلسلة نبضات تؤول مدة دورها الى اللانهاية ويؤول تردد تكرارها الى الصفر . ومعنى ذلك ان طيف النبضة الوحيدة هو طيف متصل لأن المسافات بين الخطوط المتجاورة فيه تؤول الى الصفر .

واذا كانت الصورة المتلفزة عبارة عن عدة تفاصيل (اشرطة) رأسية ، فان طيفها يكون ايضا غير متصل ويتألف من خطوط (توافقيات) تفصل بينها مسافات تساوى تردد المسح الافقى f_H .

---

* ليس معنى ذلك ان الاجزاء الاخرى من الطيف غير مهمة . فمع ان طاقة التوافقيات الموجودة خارج ذلك النطاق « الفعال » ضئيلة ، الا ان وجودها ضرورى للحفاظ على شكل النبضة (وخاصة حافتها الامامية) .

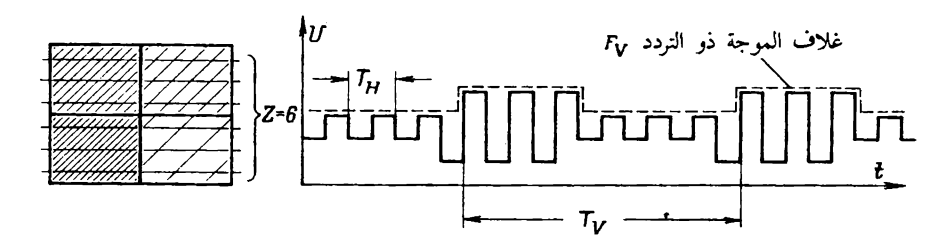
اما طيف اشارة صورة الاشرطة الافقية فهو يحتوى على توافقيات تردد المسح الرأسى (الشكل ٧ — ١١).



الشكل ٧ — ١١ . طيف اشارة صورة شريط افقى

٢) طيف اشارة الصورة المحتوية على تفاصيل افقية ورأسية :

لنفترض ان الصورة المتلفزة تتألف من اربعة اجزاء مختلفة النصوع ، يفصل بينها خط افقى وخط رأسى (الشكل ٧ — ١٢)، على ان يكون تباين الجزئين السفليين اكثر من تباين الجزئين العلويين . وفى هذه الحالة تنتج

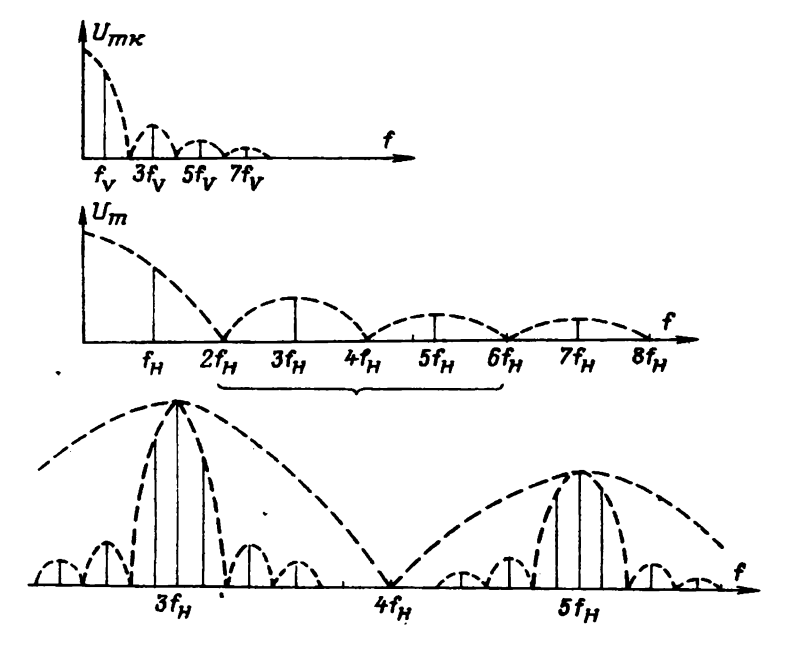


الشكل ٧ — ١٢ . طيف اشارة الصورة المحتوية على اربعة مناطق مختلفة النصوع (يفصل بينها خط رأسى وخط افقى)، وتدل كثافة خطوط التظليل على درجة سواد اجزاء الصورة

عن مسح النصف الاسفل من الصورة اشارة اكبر اتساعا من الاشارة الناتجة عن مسح النصف العلوى . وبذلك تكون اشارة الصورة عبارة عن موجة مستطيلة ذات تردد يساوى تردد المسح الافقى ، معدلة من حيث الاتساع بتردد المسح الرأسى . ويمثل غلاف الموجة فى هذه الحالة تغير تباين النصوع بين يسار

الصورة ويمينها على طول الحد الفاصل الرأسى ، اى يمثل تغيره فى اتجاه المسح الرأسى .

ومن المعروف ان الطيف الترددى للموجة المعدلة الاتساع يتألف من تردد الموجة الحاملة (وهو فى المثال المذكور تردد المسح الافقى) ومركبتين جانبيتين تبعدان عنه بقدر تردد التعديل (التردد الاطارى) . ولما كانت الموجة الحاملة وموجة التعديل (غلاف الموجة المعدلة) ، فى المثال المذكور ، على شكل نبضات مستطيلة ، نجد اشارة الصورة فى تلك الحالة معقدة الطيف (الشكل ٧ — ١٣) . فكل توافقية من توافقيات تردد المسح الافقى تقوم



الشكل ٧ — ١٣ . تكوين طيف اشارة الصورة المحتوية على اربعة مناطق مختلفة النصوع ، يفصل بينها خط رأسى وخط افقى : أ — طيف موجة التعديل التى تتضمن توافقيات تردد المسح الرأسى ؛ ب — طيف الموجة الحاملة التى تتضمن توافقيات تردد المسح الافقى ؛ جـ — الطيف الكامل

بدور موجة حاملة ، تنشأ حولها مركبتان جانبيتان من كل توافقية من توافقيات التردد الاطارى . وطالما ان كلا من الموجة الحاملة وموجة التعديل فى المثال المذكور عبارة عن سلسلة نبضات تماثلية ، فان طيفها ، كما يبين تمثيلها

بمتسلسلة فوربيه ، يتألف فقط من التوافقيات الفردية لترددى المسح الافقى والرأسى .

٣) طيف الاشارة التلفزيونية فى حالة ارسال الصور المتحركة : عند تلفزة الصور المتحركة يتغير محتوى الاطار تدريجيا ، ولذلك يتغير نوعا ما الشكل الموجى للاشارة الصورية وكذلك طيفها . وفى هذه الحالة « تتأرجح » الخطوط الطيفية و « يتلطخ » شكل الطيف .

ولكن الاشياء التى تتلفز عادة (كالاشياء التى تصور سينمائيا) تتحرك بسرعة منخفضة جدا بالنسبة الى سرعة تتابع الاطارات . وتبين الحسابات ان « تأرجح » ترددات الخطوط الطيفية لا يتعدى عدة هرتزات او عشرات الهرتزات . ومعنى هذا ان الحيزات (الثغرات) الفاصلة بين مجموعات الخطوط الطيفية المحيطة بتوافقيات تردد المسح الافقى تبقى شاغرة ، بحيث يمكن ان نعتبر ان اطياف اشارات الصور المتحركة هى ايضا اطياف غير متصلة .

٤) ارسال معلومات اضافية ضمن طيف الاشارة التلفزيونية : ان وجود حيزات خالية فى طيف الاشارة التلفزيونية يسمح بارسال معلومات اضافية ضمن هذا الطيف بدون توسيع نطاق ترددات قناة الاتصال . وتستخدم هذه الطريقة فى انظمة التلفزيون الملون « المتآلفة » وتسمى طريقة « تشابك الاطياف » (انظر الفصل ١٤) .

البند ٧ ــ ٧ المسح المتشابك

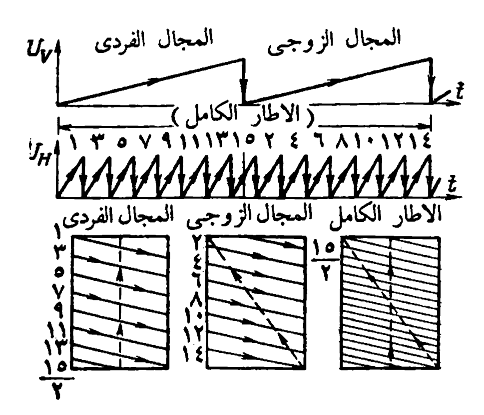
تستخدم طريقة المسح المتشابك من اجل تضييق النطاق الترددى اللازم لارسال الصور التلفزيونية . وطبقا لهذه الطريقة يتم ارسال كل اطار على دفعتين ، بحيث يصبح تردد الارتعاش مساويا ضعف تردد الاطار (الصورة) . وفى هذه الحالة يكفى ان يكون التردد الاطارى $n \geqslant 20$ Hz حتى يكون تردد الارتعاش $2n \geqslant 40$ Hz ، فلا يلاحظ الارتعاش .

وتذكر هذه الطريقة باستخدام الغالق فى اجهزة الاسقاط السينمائى .

ونحصل على المسح المتشابك بتحليل الاطار (الصورة) الى عدد فردى من الخطوط (الشكل ٧ ــ ١٤) ، على ان يجرى اولا مسح الخطوط

الفردية ثم يجرى مسح الخطوط الزوجية ، بحيث يتكون كل اطار من مجالين : مجال فردى (محال الخطوط الفردية) ومجال زوجي (مجال الخطوط الزوجية) . ويتراكب مجالا كل اطار فى عين المشاهد نتيجة لمداومة الابصار ، فيتراءيان كصورة واحدة كاملة ، بخطوط مسح كاملة العدد .

ويوضح الشكل ٧ — ١٤ ترتيب المسح المتشابك فى حالة مبسطة ، افترض فيها ان عدد خطوط المسح صغير جدا . وكما يبين الشكل ، تبدأ حركة الشعاع الالكترونى فى المجال الاول من الزاوية اليسرى العليا وتنتهى فى منتصف الخط الفردى الاخير . ويبدأ الشعاع بمسح المجال الثانى من منتصف الطرف الاعلى للاطار ، فيمسح اولا النصف المتبقى من الخط الفردى الاخير ، ثم يقوم بمسح الخطوط الزوجية ، وتنتهى حركته فى الزاوية اليمنى السفلى ، ليعود منها الى الزاوية اليسرى العليا ، ومن هنا يبدأ مسح الاطار الكامل التالى .



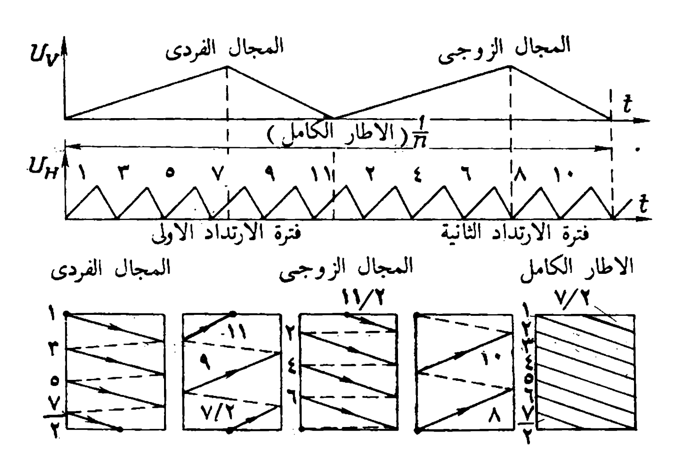
الشكل ٧ — ١٤ . الاشكال الموجية والهيكل الخطى فى حالة المسح المتشابك بدون اعتبار لفترات الارتداد (تعتبر هنا مساوية للصفر)

وينبغى ان يكون عدد خطوط المسح فى كل اطار فى حالة المسح المتشابك ثابتا تماما ، لكى يتم بدقة رسم الخطوط الزوجية بين الخطوط الفردية . وطالما ان عدد خطوط المسح يساوى نسبة تردد المسح الافقى f_H الى تردد الاطار n ، لذلك يجب ان تكون النسبة بين هذين الترددين ثابتة ، كما يجب ان تساوى عددا صحيحا فرديا . واذا لم يتحقق هذا الشرط ، فان تتابع خطوط المسح لن يكون دقيقا ، وقد تنطبق الخطوط الزوجية على الخطوط الفردية ، مما يؤدي الى انخفاض بيان الصورة المتلفزة .

وتردد المسح الرأسى (f_V) فى حالة المسح المتشابك هو نفس تردد مسح المجالات ، وينبغى ان يساوى ضعف التردد الاطارى ($f_V = 2n$):

وقد اختير تردد المسح الرأسى فى النظام التلفزيونى الاوربى مساويا ٥٠ هرتز ، ولذلك يكون التردد الاطارى حسب هذا النظام ٢٥ هرتز (بينما فى النظام الامريكى ($f_V = 60\ \mathrm{Hz}, \quad n = 30\ \mathrm{Hz}$) .

كما وان الشكل ٧ — ١٤ لا يبين فترات الارتداد . واذا اخذنا هذه الفترات فى الاعتبار تصبح الاشكال الموجية (الخطوط البيانية الزمنية) والهيكل



الشكل ٧ — ١٥ . الاشكال الموجية والهيكل الخطى فى حالة المسح المتشابك مع مراعاة فترات الارتداد

الخطى فى حالة المسح المتشابك كما فى الشكل ٧ — ١٥ . وليس من الضرورى ان تكون فترة الارتداد الرأسى مساوية عددا صحيحا من فترات المسح الافقى .

لنحدد نطاق ترددات الاشارة الصورية فى حالة المسح المتشابك . وفى هذه الحالة ، كما فى حالة المسح التقدمى ، نحصل على التردد الاقصى للاشارة الصورية عند تلفزة اشرطة رأسية سوداء وبيضاء ، عرض كل منها يساوى عرض خط المسح ، بينما نحصل على التردد الادنى عند ارسال صورة تحتوى على شريطين افقيين اسود وابيض فقط .

ويتحدد التردد الاقصى فى حالة المسح المتشابك بالعلاقة (7.2) ايضا ، على ان يؤخذ فى الاعتبار ان التردد الاطارى n فى هذه الحالة هو نصف تردد المسح الرأسى f_V . وهكذا يكون التردد الاقصى فى حالة المسح

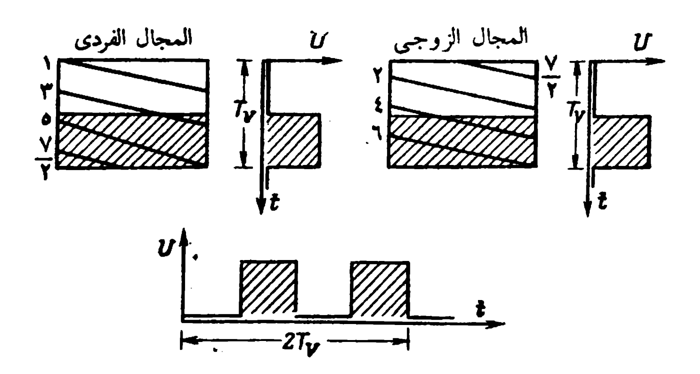
المتشابك اقل مرتين مما هو فى حالة المسح التقدمى للحصول على نفس بيان التفاصيل عند تساوى تردد المسح الرأسى f_V فى الحالتين) .

لنفترض ان عدد خطوط المسح ٦٢٥ ونسبة الشكل $\frac{٤}{٣}$ والتردد الاطارى ٢٥ هرتز . وفى هذه الحالة ، عند استخدام المسح المتشابك ، يكون تردد الارتعاش $f_V = 2n = 50$ Hz ، فلا يلاحظ . ويكون التردد الاقصى للاشارة عندئذ :

$$f_{min} = \frac{KZ^2}{2} n = \frac{4}{3} \cdot \frac{625^2}{2} \cdot 25 = 6.25 \text{ MHz},$$

اى اقل مرتين مما هو فى حالة المسح التقدمى .

ويبين الشكل ٧ — ١٦ طريقة الحصول على التردد الادنى للاشارة فى حالة المسح المتشابك .



الشكل ٧ — ١٦ . التردد الادنى للاشارة الصورية فى حالة المسح المتشابك (وقد افترضنا ان فترة الارتداد الرأسى تساوى الصفر وعدد خطوط المسح يساوى V)

ففى هذه الحالة يولد انبوب التصوير التلفزيونى نبضتين فى فترة مسح كل اطار ، اذ انه يولد نبضة واحدة فى فترة مسح كل مجال . ولذلك يكون التردد الادنى فى حالة المسح المتشابك مساويا ضعف التردد الاطارى :

$$f_{max} = 2n$$

اى يساوى تردد المسح الرأسى (تردد المجال) .

وطالما ان التردد الاطارى يؤخذ فى حالة المسح المتشابك اقل مرتين من قيمته فى حالة المسح التقدمى (اذ يستخدم نفس تردد المسح الرأسى فى الحالتين) ، فان التردد الادنى للاشارة يظل هو نفسه .

وعلى هذا النحو تسمح طريقة المسح المتشابك بتضييق نطاق ترددات اشارة الصورة المتلفزة مرتين (نتيجة لتخفيض التردد الاطارى مرتين) .

ولكن طريقة المسح المتشابك اكثر تعقيدا لحد ما من طريقة المسح التقدمى . ولذلك لا تعمل اجهزة التلفزيون التطبيقى بطريقة المسح المتشابك ، الا اذا كان من الضرورى الحصول على بيان افضل للصورة (عند تساوى نطاق ترددات الاشارة الصورية) او نطاق اضيق (عند تساوى بيان الصورة) على حساب تعقيد الاجهزة .

البند ٧ ــ ٨ البارامترات الاساسية للانظمة التلفزيونية العصرية

يبين الجدول ٧ ــ ٢ البارامترات الاساسية (القياسية) للانظمة التلفزيونية العصرية المستخدمة فى الاتحاد السوفييتى والبلدان الاخرى .

ويمكن اعتبار نظام ٦٢٥ خطا امثل نظام ، اذ يوفق بين متطلبات الحصول على جودة عالية الصورة التلفزيونية ، ومتطلبات عدم تعقيد اجهزة الارسال والاستقبال كثيرا .

فبينما يكون بيان الصورة غير كاف فى حالة نظام ٤٠٥ خطوط ، نجد ان زيادة عدد خطوط المسح الى اكثر من ٦٢٥ تؤدى الى زيادة عرض نطاق الترددات الى اكثر من اللازم ، مما يتطلب تعقيد الاجهزة ويزيد من تداخلات محطات الارسال ويجعل من الصعب توزيع قنوات الارسال التلفزيونى فمثلا يحقق نظام ٨١٩ خطاً بياناً اعلى للصورة بثمن غال ، اذ يتطلب نطاقا ترددیا عرضه ١٠,٤ ميجاهرتز (بدلا من ٦ ميجاهرتز فى حالة ٦٢٥ خطاً) .

ويؤدى الاختلاف فى قياسيات المسح التلفزيونى الى عرقلة تبادل البرامج التلفزيونية بين البلدان المختلفة ، اذ يتطلب اجهزة خاصة لتحويل القياسيات .

الجدول ٧ — ٢

بارامترات النظام التلفزيونى	قياسيات الانظمة التلفزيونية العالمية			
	النظام الفرنسى	النظام السوفييتى والاوربى*	النظام الامريكى واليابانى	النظام الانجليزى
عدد خطوط الاطار (العدد الاسمى)	819	625	525	405
تردد المسح الرأسى بالهرتز (عدد المجالات فى الثانية)	50	50	60	50
التردد الاطارى بالهرتز (عدد الاطارات والصور فى الثانية)	25	25	30	25
تردد المسح الافقى ، او تردد الخط ، بالهرتز	20475	15625	15750	10125
نسبة الشكل	4 : 3	4 : 3	4 : 3	4 : 3
عرض نطاق ترددات اشارة الصورة الميجاهرتز	10,4	6(5)*	4	3

وتنتقل اغلب دول اوربا حاليا الى نظام ٦٢٥ خطاً ليصبح نظاما عاما لكل اوربا .

البند ٧ — ٩ اشكال خاصة للمسح

ان اغلب المنظومات التلفزيونية العصرية تستخدم المسح التقدمى والمسح المتشابك ، مما يفسر بمزايا هاتين الطريقتين :

١ — طالما ان سرعة تحرك الشعاع على لوح الهدف (الشاشة) خلال فترة المسح الفعال هى سرعة ثابتة ، فان بيان الصورة ونصوع شاشة جهاز الاستقبال يظلان ثابتين فى جميع اجزاء الشاشة .

---

* يوجد نظامان تلفزيونيان اوربيان : نظام متبع فى دول اوربا الاشتراكية ، ومن ضمنها الاتحاد السوفييتى ، ونظام متبع فى دول اوربا الغربية ، يختلف عن النظام السوفييتى بعرض النطاق الترددى فقط (٥ ميجاهرتز فى النظام الاوربى الغربى بدلا من ٦ ميجاهرتز فى النظام السوفييتى) .

٢ ـ عندما تكون تيارات الانحراف على شكل اسنان المنشار ، يسهل تحقيق مطابقة قوانين المسح فى انبوب التصوير وانبوب الصورة .

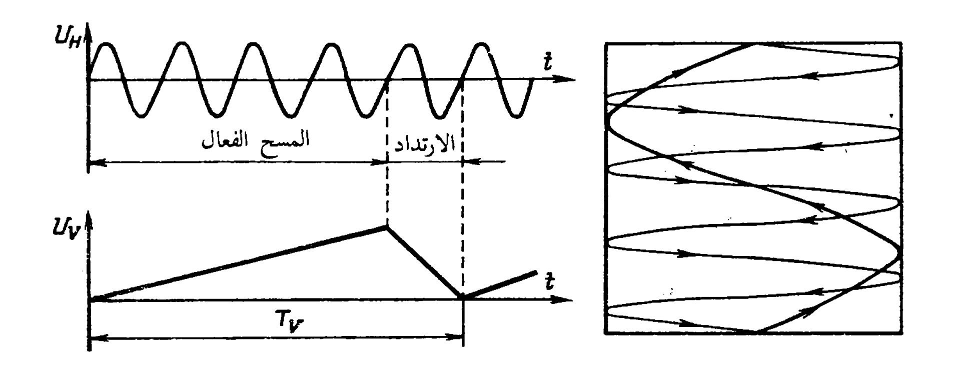
٣ ـ ان الشكل المستطيل للهيكل الخطى يوافق شكل اطار الفلم السينمائى ، وهذا مهم للاذاعة التلفزيونية للافلام السينمائية .

ولكن المسح التقدمى والمسح المتشابك يتصفان بعدة عيوب :

١ ـ يحدث ضياع كبير للوقت فى فترات الارتداد ، اذ انها تشكل ٢٥ ٪ من فترات الارسال .

٢ ـ تصرف نسبة قدرها ٢٥ ٪ من قدرة جهاز الارسال من اجل ارسال نبضات التزامن .

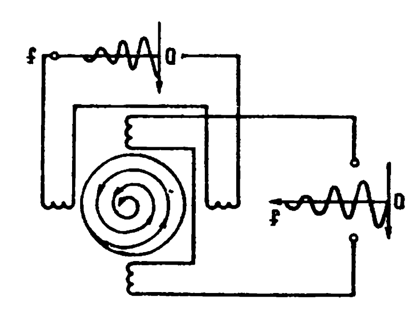
٣ ـ ان طيف تيار سن المنشار المستخدم للانحراف يحتوى على ٣٠ ـ ٥٠ توافقية من توافقيات تردد الانحراف ، ويمتد حتى ٥٠٠ ـ ٧٠٠



الشكل ٧ ـ ١٧ . المسح بتيار جيبى و تيار سن المنشار

كيلوهرتز . ويؤدى ذلك الى فقد كثير من الطاقة فى محول خرج الانحراف الافقى وملفات الانحراف الافقى ، كما يعرقل ارسال (نقل) تيارات الانحراف فى الدوائر التلفزيونية المقفلة لانه يتطلب لهذا الغرض كوابل عريضة النطاق ذات عزل متين جدا .

ولذلك تستخدم تجهيزات التلفزيون التطبيقى احيانا طرائق خاصة للمسح :



الشكل ٧ – ١٨ . مبدأ المسح الحلزونى

١) المسح الجيبى : وهو يتم بامرار تيارين جيبيين مختلفى التردد فى ملفات الانحراف الافقى والرأسى ، بحيث يتكون على الشاشة هيكل خطى مستطيل تقريبا (يتكون ما يسمى بشكل « ليساجو ») .

٢) المسح بتيار جيبى وتيار سن المنشار : يمرر تيار جيبى فى ملفى الانحراف الافقى ، بينما يمرر تيار سن المنشار فى ملفى الانحراف الرأسى (الشكل ٧ – ١٧) .

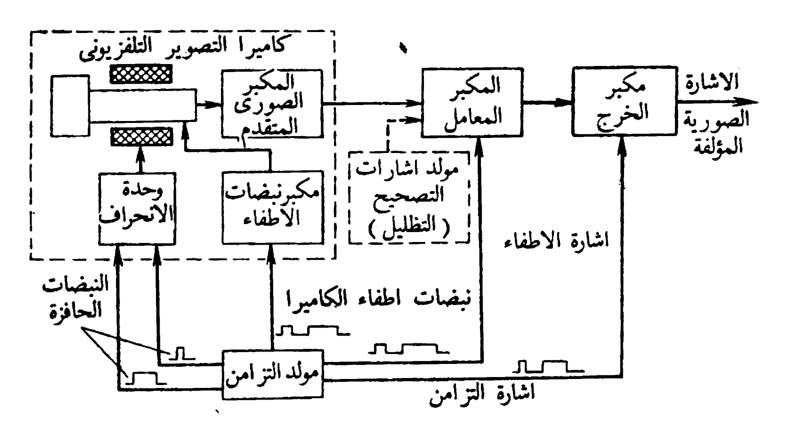
٣) المسح على شكل خط حلزونى : يمرر تياران جيبيان فى ملفات الانحراف الافقى والرأسى ، على ان يكون التياران متساويى التردد والاتساع ، ومختلفين من حيث الطور بمقدار ٩٠° (الشكل ٧ – ١٨) .

الفصل الثامن

الاشارة الصورية المؤلفة وتكوينها

البند ٨ ـ ١ معلومات عامة عن الاشارة الصورية المؤلفة

كما سبق ان ذكرنا ، من الضرورى ان ترسل مع اشارة الصورة نبضات التزامن ونبضات الاطفاء . وتستخدم نبضات التزامن (« الافقية » و « الرأسية »)



الشكل ٨ ـ ١ . رسم تخطيطى لمراحل تكوين الاشارة الصورية المؤلفة

لمزامنة مولدات الانحراف الافقى والرأسى لشعاع انبوب الصورة ، بينما تستخدم نبضات الاطفاء لاطفاء شعاع انبوب الصورة (لاظلام الشاشة) خلال فترات الارتداد الافقى والرأسى .

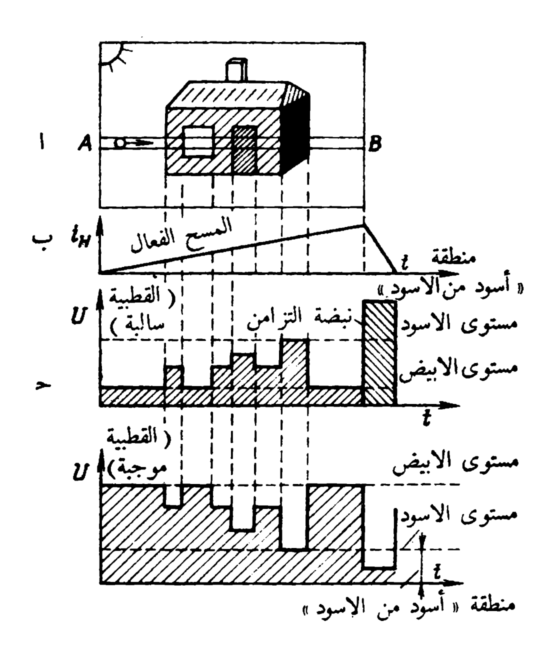
ويسمى مجموع اشارة الصورة (الاشارة الصورية) ونبضات التزامن والاطفاء الممتزجة بها بالاشارة الصورية المؤلفة (او الاشارة « المرئية » المركبة) ، كما يسمى مجموع نبضات التزامن الافقية والرأسية باشارة التزامن المؤلفة . ويبين الشكل ٨ ـ ١ رسما تخطيطيا لمراحل تكوين الاشارة الصورية المؤلفة .

البند ٨ ـ ٢ تكوين اشارة الصورة ، وفكرة عن مستوياتها

ان عملية تكوين اشارة الصورة تتلخص فى تحويل الصورة الضوئية المتلفزة الى صورة كهربائية (صورة شحنات على لوح الهدف فى انبوب التصوير التلفزيونى) ثم مسح هذه الصورة بواسطة شعاع الكترونى .

وعندما يقوم الشعاع بمسح عناصر لوح الهدف واحدا تلو الاخر على التعاقب ، يمر بمقاومة الحمل تيار يناظر فى كل لحظة جهد العنصر الذى يجرى مسحه . ونتيجة لذلك تتكون على مقاومة الحمل فلطية اشارة تناظر الصورة التى تجرى تلفزتها .

واذا كانت فلطية الاشارة المناظرة للعناصر النيرة (البيضاء) فى الصورة اقل من فلطية الاشارة المناظرة للعناصر القاتمة (السوداء) ، فان قطبية الاشارة تعتبر سالبة . اما اذا كانت فلطية الاشارة المناظرة للعناصر النيرة اكثر من فلطية الاشارة المناظرة للعناصر القاتمة ، فان قطبية الاشارة تعتبر موجبة .



الشكل ٨ ـ ٢ . تكوين اشارة الصورة

وتولد انواع معينة من انابيب التصوير اشارة صورية ذات قطبية سالبة . واذا سلطنا مثل هذه الاشارة على الكترود تحكم انبوب الصورة ، تتكون على شاشته صورة سالبة ، اي ان التفاصيل النيرة تصبح قاتمة ، والتفاصيل القاتمة تصبح نيرة .

وتتبدل قطبية الاشارة بعد تكبيرها فى كل مرحلة تكبير ذات كاثود مشترك ، فتصبح موجبة او سالبة حسب عدد مراحل التكبير . وتسلط الاشارة على الكترود تحكم انبوب الصورة اذا كانت قطبيتها موجبة ، وتسلط على كاثود الانبوب اذا كانت قطبيتها سالبة .

ويوضح الشكل ٨ ـ ٢ عملية تكوين الاشارة فى حالة تلفزة صورة بسيطة تتضمن فقط اربع درجات للنصوع (الشكل أ) .

وعند تلفزة هذه الصورة تتكون على لوح هدف انبوب التصوير صورة شحنات مناظرة لها ، ويقوم الشعاع الالكترونى بمسح هذه الصورة بخطوط متعاقبة ، بتأثير تيار سن المنشار المار فى ملفات الانحراف (الشكل ب) . ونتيجة لذلك تتكون اشارة مناظرة للصورة المتلفزة ذات قطبية سالبة (الشكل ج) او قطبية موجبة (الشكل د) .

لنتأمل الاشارة الصورية ذات القطبية السالبة (الشكل ج) ، فى فترة مسح الخط AB (الشكل أ) .

ان مستوى الاشارة فى لحظات ارسال اكثر تفاصيل الصورة نصوعا (ارضية الصورة ونافذة المنزل) يسمى مستوى الابيض . ويسمى مستوى الاشارة فى لحظات ارسال اكثر تفاصيل الصورة اظلاما (الحائط الواقع فى الظل) مستوى الاسود . ويتراوح مستوى الاشارة فى لحظات ارسال عناصر الصورة ذات النصوع الوسطى (العناصر الرمادية) بين المستويين المذكورين .

ويجرى ارسال اشارة الصورة خلال فترات المسح الفعال فقط ، بينما تستخدم فترات الارتداد لارسال نبضات التزامن . وترسل هذه النبضات فى منطقة « أسود من الاسود » من اجل تسهيل فصلها عن اشارة الصورة فى جهاز الاستقبال .

وطالما ان فلطية اشارة الصورة المتولدة على مقاومة حمل انبوب التصوير التلفزيونى ضئيلة جدا (اجزاء من مئة من الفولط) ، فان ارسال مثل هذه الاشارات الضعيفة ، حتى مسافات تبلغ عدة امتار ، غير ممكن عمليا بدون تكبيرها ، لأن فلطية التشويشات المستحثة فى الكابل الذي ينقل الاشارة تقارب فلطية هذه الاشارة . ويضاف الى ذلك انه من المستحيل التوفيق بين القيمة القليلة للمعاوقة المميزة للكابل والقيمة الكبيرة لمقاومة حمل انبوب التصوير التلفزيونى . ولذلك من الضرورى وضع مراحل التكبير الاولى عند انبوب التصوير التلفزيونى مباشرة .

البند ٨ ــ ٣ المركبة المستمرة لاشارة الصورة

لنفترض ان الصورة المتلفزة تتألف من اشرطة رأسية سوداء ورمادية . وتكون اشارة الصورة فى هذه الحالة ، كما هو معروف ، عبارة عن نبضات يتحدد ترددها بعدد الاشرطة السوداء والبيضاء m وعدد خطوط المسح وتردد الأطار n :

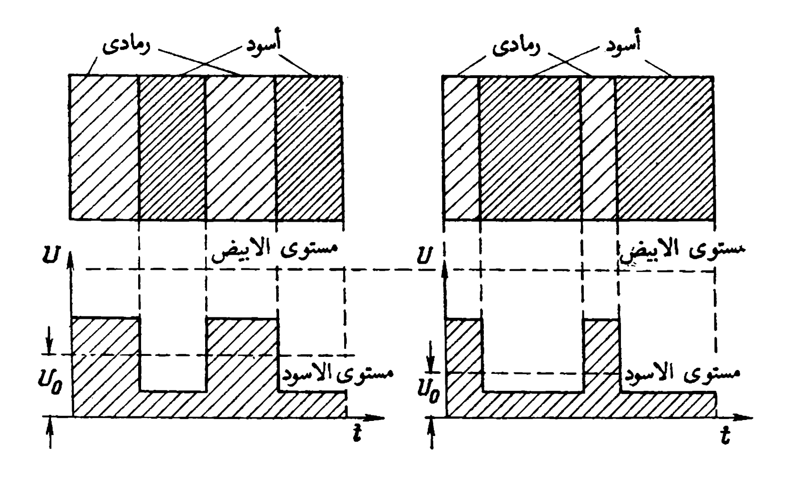
$$f = \frac{m}{2} Zn'$$

وكما تتميز اشارة الصورة بترددها ، تتميز ايضا بقيمتها الوسطى المسماة بالمركبة المستمرة (مركبة التيار المستمر) .

ويبين الشكل ٨ ــ ٣ كيف تتغير المركبة المستمرة تبعا لمحتوى الصورة . فهى تزداد بازدياد مساحة العناصر الأكثر نصوعا ، والعكس بالعكس .

ويبين الشكل ٨ ــ ٤ تغير المركبة المستمرة عند تغير شدة اضاءة المنظر المتلفز . وعندما تزداد شدة الاضاءة ، تصبح التفاصيل السوداء رمادية والتفاصيل الرمادية بيضاء ، وبذلك تزداد المركبة المستمرة . وتقل هذه المركبة اذا انخفضت شدة الاضاءة .

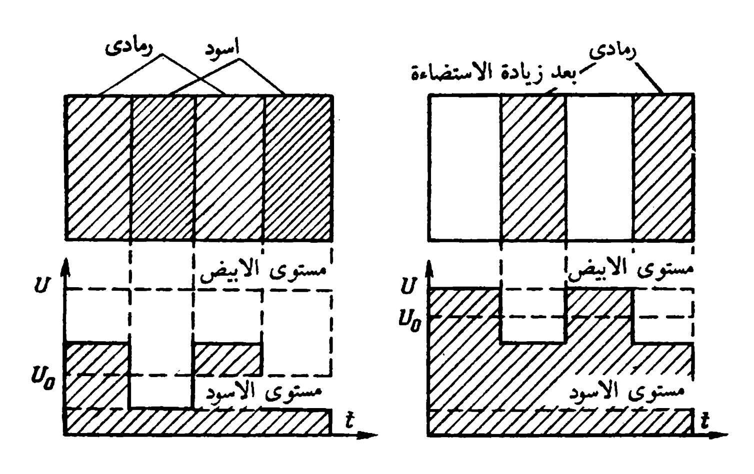
واذا كانت الاشياء المتلفزة ساكنة ، ومضاءة بشدة ثابتة ، فان المركبة المستمرة لاشارة الصورة تبقى ثابتة وتساوى القيمة الوسطى للاشارة خلال فترة مسح عدة اطارات .



الشكل ٨ – ٣ . تابعية المركبة المستمرة للاشارة الصورية لمحتوى الصورة

اما اذا تغيرت استضاءة المنظر المتلفز ، او محتواه ، فان المركبة المستمرة تتغير ايضا . ولكن هذا التغير يحدث عادة بتردد منخفض جدا ، يتراوح بين الصفر و٢ – ٣ هرتز . وتسمى هذه الترددات « ترددات صفرية » .
وهكذا تتضمن اشارة الصورة مركبتين :

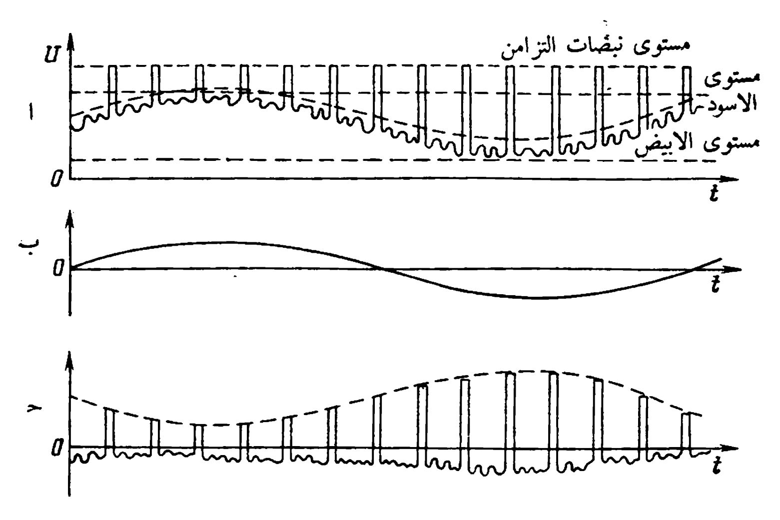
١) مركبة مترددة ، يتحدد ترددها بكمية تفاصيل الصورة ، ويتحدد اتساعها بتباين الصورة (النسبة بين اقصى نصوع وادنى نصوع) ؛



الشكل ٨ – ٤ . تابعية المركبة المستمرة لاستضاءة المنظر

٢) مركبة مستمرة تعتمد على متوسط استضاءة المنظر ومحتواه ، وتتغير ببطء شديد . وتستخدم لتكبير اشارة الصورة مكبرات مقرنة (مربوطة) بمكثفات ومقاومات . ولكى تمرر دوائر التقارن (الربط) ترددات المركبة المستمرة ، يجب ان يكون الثابت الزمنى لكل منها هائلا جدا ، اى ينبغى ان تكون سعة كل من المكثفات القارنة كبيرة جدا ، لدرجة انها لا يمكن ان تستخدم عمليا . وتقرن مكبرات الاشارة الصورية عادة بدوائر تقارن ذات ثابت زمنى صغير نسبيا ، مما يؤدى حتما الى فقد المركبة المستمرة . واذا لم تستخدم وسائل خاصة لاستعادة هذه المركبة ، فان نصوع « الابيض » و « الاسود » فى الصورة المتكونة على شاشة جهاز الاستقبال يتغير من حين الى آخر اثناء الارسال ، بحيث يعاد انتاج المناظر « النهارية » و « الليلية » (عند تلفزة الافلام السينمائية مثلا) على نحو غير صحيح .

ويمكن ارسال المركبة المستمرة دون تشويه بتكبير الاشارة الصورية بمكبرات التيار المستمر (اى المكبرات المقرنة مباشرة دون مكثفات) . ولكن الصعوبات الكثيرة التى تنشأ عند استخدام مكبرات التيار المستمر تجعل من الافضل ارسال مركبة التيار المستمر بطرائق غير مباشرة .



الشكل ٨ — ٥ . تشوه اشارة الصورة نتيجة لفقد المركبة المستمرة : أ — اشارة الصورة ؛ ب — المركبة المستمرة لاشارة الصورة ؛ جـ — المركبة المترددة لاشارة الصورة

ويعاد انتاج الصورة المتلفزة بنسب نصوعية صحيحة بتثبيت او « قمط » مستوى الاشارة الصورية اثناء كل اطار عند قيمة واحدة مرجعية . وتستخدم محطات التلفزيون كمستوى مرجعي مستوى الاسود او مستوى نبضات الاطفاء . ويتم « القمط » اوتوماتيا بواسطة دوائر خاصة تسمى دوائر استعادة المركبة المستمرة ، او مستعيدات التيار المستمر .

ويبين الشكل ٨ ــ ٥ تشوه الاشارة نتيجة لفقد المركبة المستمرة . ويوضح الشكل ج ان قمم نبضات التزامن فى الاشارة التى فقدت المركبة المستمرة ليست على مستوى واحد . ولكن يمكن تثبيت هذه القمم عند مستوى واحد بواسطة الدوائر الخاصة المشروحة فى الفصل ١٣ ، وبذلك يستعاد شكل الاشارة الصورية ويعاد انتاج المركبة المستمرة بدون تشويه .

البند ٨ ــ ٤ تركيب النبضات الافقية

تستخدم نبضات التزامن الافقى للتوفيق الزمنى بين عمليتى الانحراف الافقى فى انبوب التصوير وانبوب الصورة . وينبغى ان يكون امد كل من تلك النبضات اقل من فترة الارتداد الافقى .

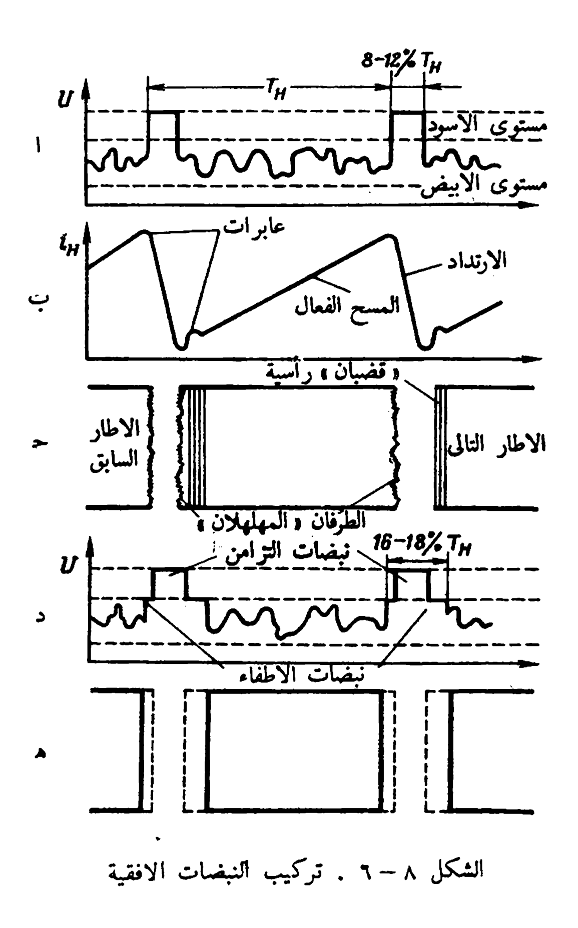
وطالما ان فترة الارتداد لا تستخدم لارسال اشارة الصورة ، فمن الافضل ان تكون اقل ما يمكن . ولكن مولدات المسح المحملة بملفات الانحراف (فى حالة الانحراف المغنطيسى) لا تسمح بجعل فترة الارتداد اقل من ٨ ــ ١٢ ٪ من فترة المسح الافقى . ويفسر ذلك بعاملين :

١) عندما تكون فترة الارتداد قصيرة جدا تنشأ فى ملفات الانحراف ذبذبات عابرة شديدة ؛

٢) عندما يكون امد نبضات التزامن الافقى قصيرة جدا ، تقل حصانة دوائر التزامن فى اجهزة الاستقبال ضد التداخلات .

وينبغى ان تكون حافات نبضات التزامن حادة باقصى درجة ممكنة ، كما من الضرورى ان يكون اتساع النبضات (ارتفاعها) ثابتا (الشكل ٨ ــ ٦، أ) .

ويفسر ذلك بأن الحافة الامامية (المتقدمة) لكل من نبضات التزامن تحدد لحظة انتهاء فترة المسح الافقى الفعال وبداية فترة الارتداد .



الشكل ٨ – ٦ . تركيب النبضات الافقية

وتؤدى الذبذبات العابرة التى تنشأ فى ملفات الانحراف الافقى اثناء فترة الارتداد الى اختلال خطية استقامة) تيار الانحراف الافقى فى بداية فترة المسح الفعال (الشكل ٨ – ٦ – ب) ، فتظهر عند الطرف الايسر لاطار الصورة ثنايا (« قضبان ») رأسية ، كما يبدو جانبا الاطار مهلهلين او ممزقين (الشكل ٨ – ٦ – جـ) . ولكى تصبح هذه التشوهات غير ظاهرة ، ينبغى اطفاء الشعاع الالكترونى خلال فترة تبدأ قبل انتهاء وقت المسح الفعال

وتنتهى بعد بداية دورة المسح التالية . ويتم ذلك بارسال نبضات خاصة للاطفاء (الاظلام) بأمد اطول من امد نبضات التزامن . ويبلغ امد كل نبضة من نبضات الاطفاء الافقى ١٦ ــ ١٨ ٪ من مدة دورة المسح الافقى (الشكل ٨ ــ ٦ ــ د) . ويختار مستوى نبضات الاطفاء على مستوى الاسود، وهو ويسمى احيانا مستوى القاعدة (بِدسْتال) لأن كل نبضة اطفاء تستخدم كقاعدة تركب عليها نبضة التزامن المناظرة .

ولكى لا يظهر تأثير الذبذبات العابرة فى بداية خط المسح ، ينبغى ان تتخلف نهاية نبضة الاطفاء عن نهاية نبضة التزامن مدة اطول من المدة التى تسبق بها بداية نبضة الاطفاء بداية نبضة التزامن ، اى ينبغى ان تركب نبضة التزامن على نبضة الاطفاء ، بحيث تكون اقرب الى حافتها الامامية . وينجم عن استخدام نبضة الاطفاء ان يقل عرض الهيكل الخطى (الشكل ٨ ــ ٦ ــ هـ) .

ويستغنى احيانا عن النبضات الخاصة بالاطفاء لتبسيط شكل الاشارة التلفزيونية ، ومن ثم لتبسيط اجهزة الارسال ، كما فى التلفزيون التطبيقى . وفى تلك الحالة تقوم نبضات التزامن بدور نبضات الاطفاء ، وتهمل الذبذبات العابرة الناشئة فى فترات الارتداد .

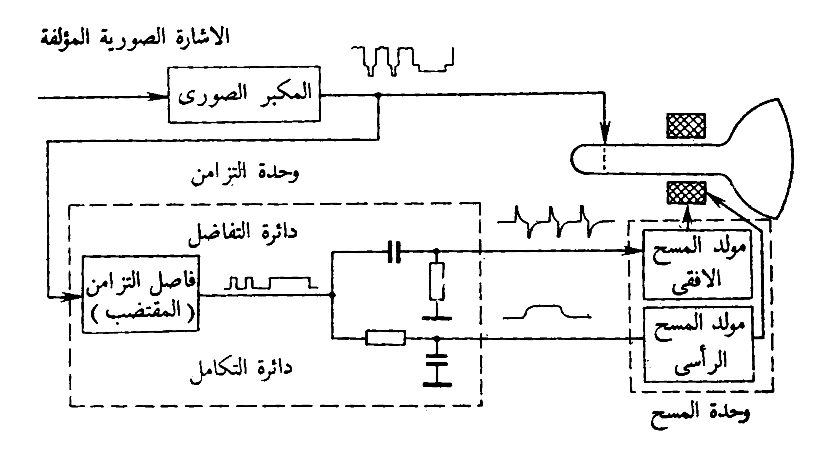
البند ٨ ــ ٥ تركيب النبضات الرأسية فى حالة المسح التقدمى

ان النبضات الرأسية تتميز عن النبضات الافقية فى ابسط الحالات بأمدها فقط . وتشغل نبضة التزامن الرأسى فترة مسح عدة خطوط ، ويساوى امدها حوالى ٣ ــ ٥ ٪ من مدة دور المسح الرأسى . وتشغل نبضة الاطفاء الراسى ٦ ــ ٨ ٪ من مدة دور المسح الرأسى .

ولكن من الضرورى لضمان استقرار تزامن مولد الانحراف الافقى احداث شرشرات (ثغرات) خاصة فى نبضة التزامن الراسى ، كما سنوضح بتفصيل فيما بعد .

البند ٨ – ٦ فصل نبضات التزامن فى جهاز الاستقبال التلفزيونى

يبين الشكل ٨ – ٧ رسما تخطيطيا لمراحل ابسط جهاز للاستقبال التلفزيونى ، لا يحتوى على قسم الترددات اللاسلكية ، بل تأتى الاشارة الصورية المؤلفة اليه سلكيا (عن طريق كابل) .



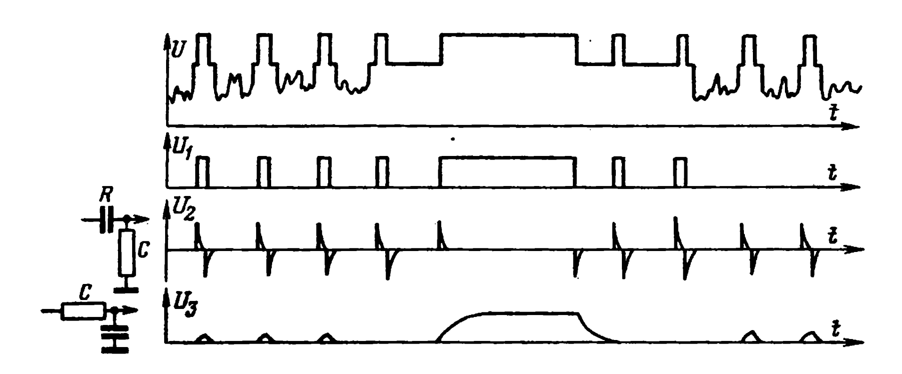
الشكل ٨ – ٧ . رسم تخطيطى لمراحل جهاز استقبال تلفزيونى (بدون قسم الترددات اللاسلكية)

وبعد تكبير الاشارة الصورية المؤلفة ، تسلط على انبوب الصورة : على الكترود التحكم اذا كانت موجبة القطبية ، او على الكاثود اذا كانت سالبة القطبية . وهكذا يجري تعديل نصوع شاشة انبوب الصوزة تبعا للاشارة الصورية . وتكفل نبضات الاطفاء الافقية والرأسية اطفاء الشعاع الالكترونى فى فترات الارتداد .

وتسلط الاشارة الصورية المؤلفة من خرج المكبر الصورى ايضا على مكبر محدد (مقتضب) للاتساع يسمى فاصل التزامن . وهو يقوم بفصل اشارة التزامن على اساس كونها مرسلة فى منطقة « اسود من الاسود » . ويتم فصل نبضات التزامن الافقية والرأسية من اشارة التزامن بواسطة مرشحين يعملان بطريقة الفصل حسب الامد (الفصل الترددي) . وتستخدم النبضات الافقية والرأسية المفصولة للتحكم فى عمل مولدي الانحراف الافقى والرأسى .

ويبين الشكل ٨ – ٨ فصل نبضات التزامن فى حالة ابسط شكل لنبضة التزامن الرأسى (اى النبضة الخالية من « الشرشرات ») .

ويتم فصل النبضات الافقية بواسطة دائرة تفاضل (الدائرة CR على الشكل ج) ، ثابتها الزمنى يساوى حوالى ٠,٢ من امد نبضة التزامن الافقية .



الشكل ٨ – ٨ . فصل نبضات التزامن عن الاشارة الصورية المؤلفة: أ – الاشارة الصورية المؤلفة؛ ب – اشارة التزامن المؤلفة الخارجة من فاصل التزامن (مقتضب الاتساع) ؛ جـ – خرج دائرة التفاضل ؛ و – خرج دائرة التكامل

وكل نبضة مستطيلة تعطى على مقاومة دائرة التفاضل (R) نبضتين حادتين : نبضة موجبة نتيجة لتفاضل الحافة الامامية (اى نتيجة للشحن السريع للمكثف C) ونبضة سالبة نتيجة لتفاضل الحافة الخلفية (اى نتيجة للتفريغ السريع للمكثف C) . وتنتج مثل هاتين النبضتين عن تفاضل كل نبضة تزامن افقى ، كما تنتج ايضا عن تفاضل نبضة التزامن الرأسى .

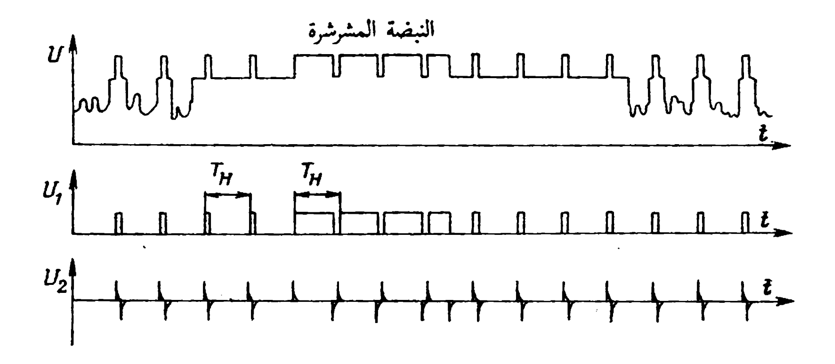
وتتم مزامنة مولد الانحراف الافقى فى جهاز الاستقبال بواسطة نبضات حادة ذات قطبية معينة : اما موجبة او سالبة . وتستخدم عادة النبضات الحادة ذات القطبية الموجبة .

وتستخدم لفصل نبضات التزامن الرأسية دائرة تكامل (الدائرة RC على الشكل د) ، ثابتها الزمنى يساوى تقريبا مدة دور المسح الافقى . وطالما ان امد نبضات التزامن الافقية اقل كثيرا من الثابت الزمنى لدائرة التكامل ، فهى تشحن مكثف هذه الدائرة بفلطية قليلة جدا ، مكونة عليه نبضات ذات

قيمة ذروة صغيرة جدا . اما نبضات التزامن الرأسية ، فهى ذات امد اكبر مرتين – ثلاث من الثابت الزمنى لدائرة التكامل ، ومن ثم تشحن مكثف هذه الدائرة شحنا تاما ، مكونة عليه فى فترات تأثيرها نبضات مماثلة لها تقريبا .

ولما كانت الاشارة الصورية المؤلفة ، الممثلة فى الشكل ٨ – ٨ (بقطبية سالبة) ، لا تحتوى اثناء فترة تأثير نبضة التزامن الرأسية على نبضات افقية ، فان النبضات الافقية المفصولة عن مثل تلك الاشارة تنقطع اثناء فترة تأثير نبضة التزامن الرأسية ، ولذلك يختل تزامن مولد الانحراف الافقى فى هذه الفترة (اذ يكون فى هذه الفترة « طليق الحركة ») . ويستمر اختلال التزامن الافقى فى تلك الحالة حتى مرور فترة مسح عدة خطوط من بداية الاطار .

يمكن الحفاظ على استمرار تزامن مولد الانحراف الافقى باحداث « ثغرات » او « شرشرات » فى كل نبضة تزامن رأسى (الشكل ٨ – ٩) ،



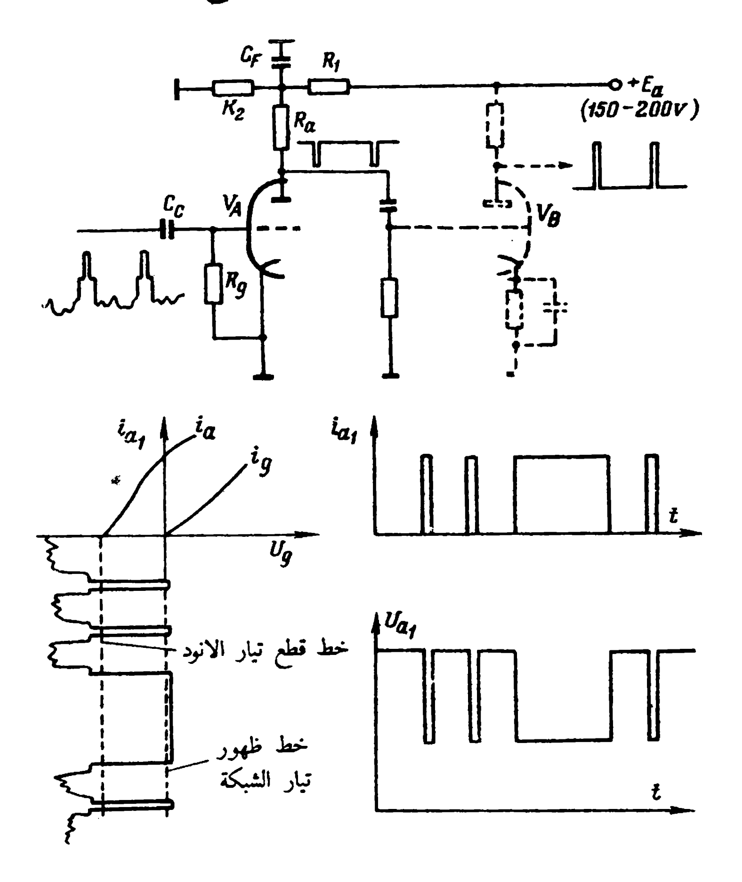
الشكل ٨ – ٩ . استمرار مزامنة مولد المسح الافقى فى حالة استخدام نبضة تزامن رأسى مشرشرة

اى بتقسيمها الى عدة نبضات (كالشرشرات او الاسنان) . وفى هذه الحالة يتم تزامن مولد الانحراف الافقى بكل من النبضات (الموجبة) الناتجة عن تفاضل الحافات الامامية لنبضات التزامن الافقى والحافات الامامية للنبضات العريضة المكونة لنبضة التزامن الرأسى المشرشرة (اى الحافات الخلفية لثغرات هذه النبضة) .

البند ٨ ـ ٧ المرحلة الفاصلة لاشارة التزامن

ان المرحلة الفاصلة هى اساسا عبارة عن دائرة مقتضب (محدد اتساع) يعمل بصمام او ترانزستور .

ويبين الشكل ٨ ـ ١٠ ابسط دائرة لفاصل التزامن ، يستخدم فيها صمام ثلاثى يعمل بمبدأ التحديد الشبكى . وفلطية انحياز شبكة الصمام فى الحالة الاصلية (قبل تسليط الاشارة عليها) تساوى الصفر . فاذا سلطنا عليها اشارة صورية مؤلفة سالبة القطبية ، فان جهد الشبكة يصبح موجبا فى فترات تأثير



الشكل ٨ ـ ١٠ . فاصل لاشارة التزامن يعمل بصمام ثلاثى : أ ـ دائرة فاصل التزامن (وقد بينت عند دخله وخرجه نبضات التزامن الافقى فقط توخيا للبساطة) ؛ ب ـ المنحنى المميز والاشكال الموجية (وقد بينت نبضات التزامن الرأسى غير مشرشرة توخيا للبساطة)

نبضات التزامن ، ومن ثم تصبح المقاومة بين الشبكة والكاثود فى تلك الفترات صغيرة جدا (حوالى ١ — ٢ كيلواوم) . وهكذا تقوم نبضات التزامن بشحن المكثف القارن C_c شحنا سريعا (بتيار الشبكة الذى يمر فى فترات تأثيرها) . وبعد انتهاء فترة تأثير كل من نبضات التزامن ، يصبح جهد الشبكة (الفرق بين جهد الاشارة وفلطية المكثف القارن) سالبا ، فينقطع تيار الشبكة ويبدأ تفريغ المكثف القارن C_c عن طريق مقاومة التسرب الشبكى R_g . وتؤدى فلطية المكثف C_c دور فلطية انحياز تجعل نقطة التشغيل تنزاح على منحنى خصائص الانود والشبكة (المنحنى $i_a - u_g$) الى اليسار . وينجم عن ذلك ان يستقر عمل الصمام بحيث يكون جهد الشبكة فى فترة تأثير كل من نبضات التزامن مساويا للصفر ، اى تصبح قمم نبضات التزامن على مستوى ينطبق على حد ظهور تيار الشبكة ، كما لو انه يحدث « قمط » او تثبيت لتلك القمم عند ذلك المستوى . وفى هذه الحالة تصبح اشارة الصورة ونبضات الاطفاء وراء (يسار) نقطة قطع تيار الانود .

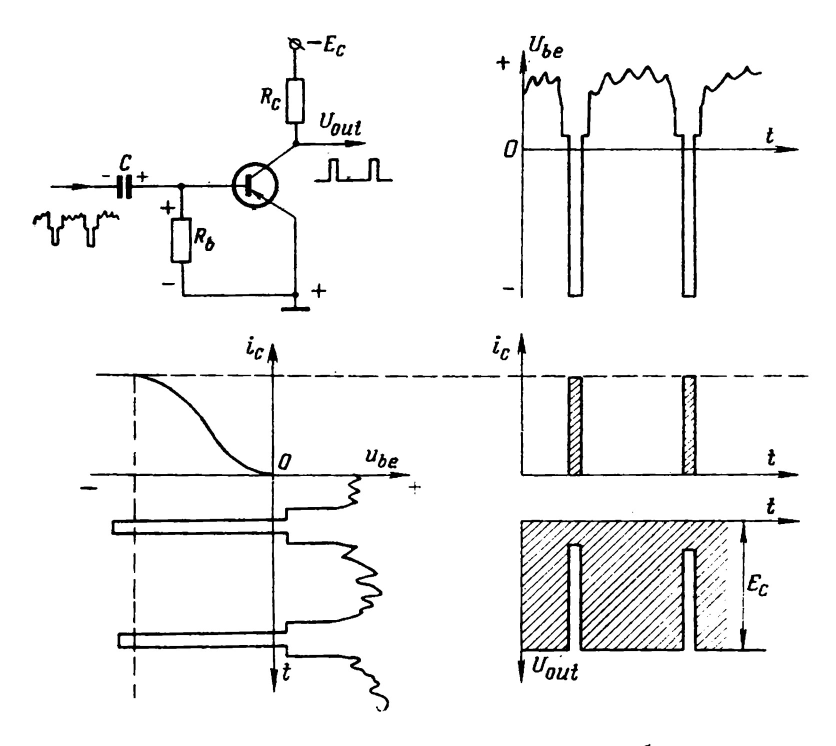
وينتج عن ذلك الا يظهر تيار الانود الا فى فترات تأثير نبضات التزامن فقط ، فتتكون على الانود نبضات جهد مناظرة لها . وبذلك يتم فصل اشارة التزامن باتساع ثابت وقطبية سالبة . ويمكن الحصول على قطبية موجبة باستخدام النصف الثانى (V_B) للصمام الثلاثى المزدوج كمكبر عاكس للطور .

ويكون اتساع الاشارة الصورية المسلطة على دخل الصمام الفاصل عادة حوالى ٣٠ — ٤٠ فولط ، بحيث يكون اتساع نبضات التزامن ٨ — ١٠ فولط . ولكى يعمل فاصل التزامن باستقرار ، يجب ان يكون الصمام ذا فلطية قطع مساوية ٠,٥ — ٠,٧ من اتساع نبضات التزامن ، اى ٤ — ٥ فولط . ويتطلب ذلك تخفيض الفلطية المسلطة على الانود لازاحة منحنى خصائص الصمام الفاصل (المنحنى $i_a - u_g$) نحو اليمين . ولذلك يستخدم مقسم الفلطية المؤلف من المقاومتين R_1 ، R_2 (ويمكن احيانا الاكتفاء بالمقاومة R_1 فقط ، وهى تشكل مع المكثف C_F مرشحا لفك التقارب) .

ويعمل فاصل التزامن فى اجهزة التلفزيون العصرية عادة بالصمام الخماسى الذى يمتاز عن الصمام الثلاثى بأنه ذو سعات طفيلية وفلطية قطع اقل وذو

عامل تكبير اكبر . ويؤدى تقليل السعات الطفيلية الى زيادة حدة حافات نبضات التزامن فى خرج فاصل التزامن .

وتتميز الدوائر الفاصلة التى تعمل بالترانزستورات عن تلك التى تعمل بالصمامات بأن التحكم فى تيار المجمع لا يتم بالتحكم فى جهد القاعدة ، وانما بالتحكم فى تيارها . وينبغى تصميم دائرة الترانزستور الفاصل بحيث يصبح فى حالة توصيل كلما اثرت عليه نبضة تزامن . ولذلك يستخدم ترانزستور طراز $p-n-p$ اذا كانت الاشارة الصورية المؤلفة موجبة القطبية ، ويستخدم ترانزستور طراز $n-p-n$ اذا كانت سالبة القطبية .



الشكل ٨ — ١١ . فاصل لاشارة التزامن يعمل بترانزستور

ويبين الشكل ٨ — ١١ دائرة مبسطة لفاصل التزامن ذي الترانزستور $p-n-p$. وفى حالة غياب لاشارة الصورية المؤلفة تكون الفلطية بين القاعدة والباعث مساوية الصفر ، فيكون تيار القاعدة مساويا الصفر ، ومن ثم يكون

الترانزستور فى حالة قطع . وعند تسليط الاشارة الصورية المؤلفة على قاعدة الترانزستور بقطبية موجبة يصبح جهد القاعدة سالبا فى فترات تأثير نبضات التزامن ، فيصبح الترانزستور فى تلك الفترات فى حالة توصيل . وفى هذه الحالة يتم شحن المكثف القارن C بتيار القاعدة بسرعة (لأن المقاومة بين القاعدة والباعث فى حالة التوصيل صغيرة جدا) . وبعد انتهاء فترة تأثير كل نبضة تزامن ، تتبدل حالة الترانزستور من التوصيل الى القطع بتأثير فلطية المكثف C ، اذ ان جهد القاعدة (الفرق بين جهد الاشارة وفلطية المكثف) يصبح موجبا ، ويبدأ تفريغ المكثف C عن طريق المقاومة R_b . وينبغى تصميم الدائرة بحيث يتم تحديد (اقتضاب) نبضات التزامن من الاعلى والاسفل : بقطع تيار المجمع فى الفترات الفاصلة بين نبضات التزامن وباشباع هذا التيار فى فترات تأثير نبضات التزامن . وطالما ان مقاومة دخل فاصل التزامن الذى يعمل بالترانزستور صغيرة القيمة ، فمن الضرورى اضعاف تأثيرها على مصدر الاشارة . ولهذا تؤخذ الاشارة من تفريعة لحمل المكبر الصورى وتسلط على دخل الترانزستور الفاصل عن طريق مقاومة هبوط (مقاومة عازلة) . وتستخدم لذلك احيانا مرحلة توفيق خاصة . ويتم عادة الحصول على الاتساع الضرورى لاشارة التزامن بعد فصلها، بتكبيرها بمرحلة تلى فاصل التزامن .

ويجدر ان نضيف اخيرا ان حصانة الاستقبال التلفزيونى ضد التداخلات تتوقف الى درجة كبيرة على عمل فاصل التزامن .

وسنتعرض لطرائق تحسين حصانة الدوائر الفاصلة ضد التداخلات فى الفصل العاشر .

البند ٨ ـ ٨ الشكل الموجى لاشارة التزامن المؤلفة ، فى حالة المسح المتشابك

كما سبق ان بينا فى الفصل السابع ، يتطلب المسح المتشابك مزامنة مولدات المسح الافقى والرأسى باحكام ، كما يتطلب ان يكون العدد الاسمى لخطوط المسح عددا فرديا .

لنتأمل الشكل الموجى لاشارة التزامن المؤلفة ، فى حالة المسح المتشابك . وليكن ذلك ، على سبيل المثال ، وفقا للنظام التلفزيونى السوفييتى والاوربى .

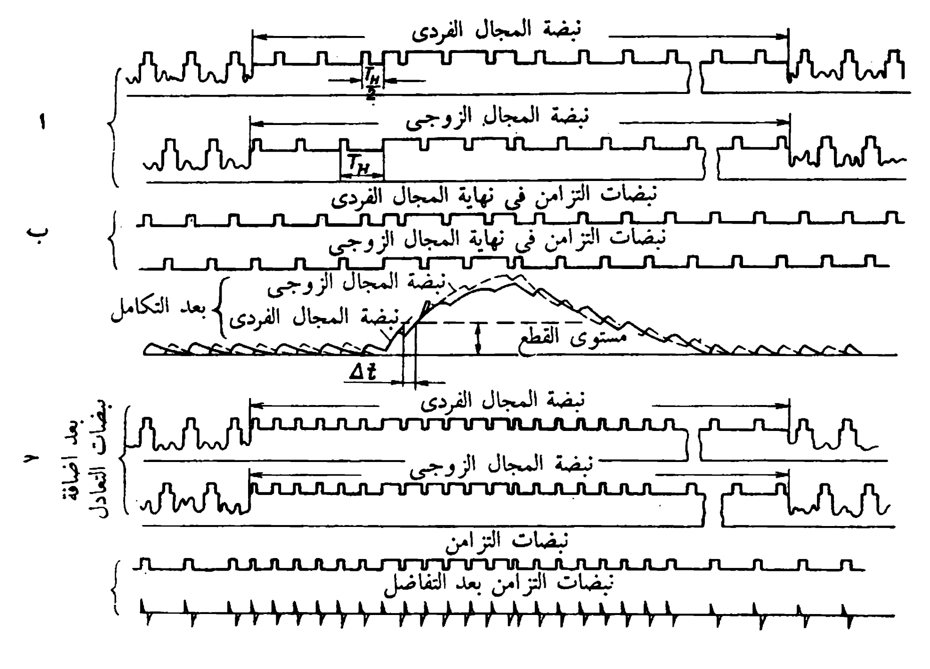
ان البارامترات الاساسية للاشارة الصورية المؤلفة ، هى بموجب ذلك النظام :

العدد الاسمى للخطوط	$Z = 625$
عدد الاطارات فى الثانية	$n = 25$
عدد المجالات فى الثانية	$2n = 50$
أمد نبضة التزامن الرأسى	$3T_H$
الفترة الفاصلة بين الحافة الامامية لنبضة التزامن الرأسى والحافة الامامية لنبضة الاطفاء الرأسى	$3T_H$

وتتم مزامنة مولد الانحراف الرأسى لشعاع انبوب الصورة بالحافة الامامية لكل من نبضات التزامن الرأسى . وتحدد هذه الحافة تحديدا قسريا (جاسئا) لحظة بدء فترة الارتداد الرأسى .

وطالما ان من الضرورى ان يكون العدد الاسمى للخطوط Z فى حالة المسح المتشابك عددا صحيحا وفرديا ، فان الحافة الامامية لاحدى نبضات التزامن الرأسى ينبغى ان تنطبق على احدى نبضات التزامن الافقى ، بينما يجب ان تكون نبضة التزامن الرأسى التالية (المناظرة لمجال المسح التالى) منزاحة عن اقرب نبضة تزامن افقى بفترة $\frac{T_H}{2}$. ولكى تكون مزامنة مولد الانحراف الافقى مستمرة ، يجب احداث شرشرات فى نبضة التزامن الرأسى ، بحيث تصبح محتوية على نبضات ضيقة (ثغرات) متتالية بفترات تساوى T_H .

ويؤدى ذلك الى اختلاف تركيب نبضتى التزامن الرأسى المناظرتين لمجالى مسح الخطوط الفردية والخطوط الزوجية ، كما يتضح من الشكل ٨ — ١٢ (أ ، ب) . ويفسر ذلك الاختلاف بان نبضة تزامن المجال الفردى تبدأ بعد نبضة التزامن الافقى بفترة $\frac{T_H}{2}$. ولهذا تكون النبضة العريضة الثانية (الثغرة



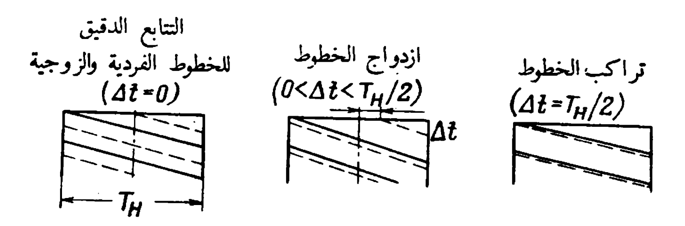
الشكل ٨ – ١٢ . تركيب الاشارة الصورية المؤلفة فى حالة المسح المتشابك

الاولى) فى النبضة المشرشرة المناظرة للمجال الفردى منزاحة عن الحافة الامامية لهذه النبضة بفترة $\frac{T_H}{2}$.

وينجم عن ذلك ان تكون الحافة الامامية للنبضة الناتجة عن تكامل نبضة تزامن المجال الفردى اقل حدة من الحافة الامامية للنبضة الناتجة عن تكامل نبضة تزامن المجال الزوجى . ولذلك يتوقف المسح الفعال للخطوط الزوجية فى لحظة مبكرة نسبيا ، بحيث تكون المدة التى يجرى خلالها المسح الفعال للمجال الزوجى اقل من مدة المسح الفعال للمجال الزوجى . ويؤدى ذلك الى اختلال التتابع الدقيق للخطوط الفردية والزوجية ، فيحدث « ازدواج » (الشكل ٨ – ١٣) بدلا من والتشابك .

ويمكن جعل نبضتى تزامن المجالين الفردى والزوجى متشابهتى التركيب بتقسيم (شرشرة) كل منها الى ست نبضات عريضة متشابهة ، مدة دورها $\frac{T_H}{2}$. ولكن بداية نبضة التزامن المشرشرة ، المناظرة للمجال الفردى ، تبقى منزاحة عن اخر نبضة تزامن افقى سابقة لها ، بفترة $\frac{T_H}{2}$ ، بينما تبقى بداية

النبضة المشرشرة المناظرة للمجال الزوجي منزاحة بفترة T_H . وينجم عن ذلك أن تبقى نبضتا تزامن المجالين الفردى والزوجي ، بعد تكاملهما ، مختلفتين فى حدة الحافة الامامية ، لأن الفترة الفاصلة بين بداية نبضة تزامن المجال



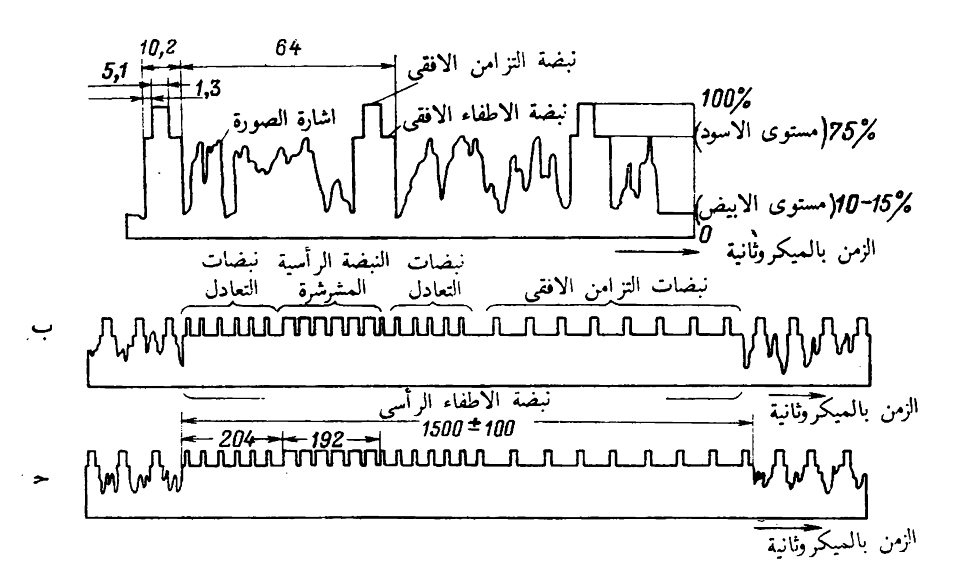
الشكل ٨ – ١٣ . ازدواج الخطوط الفردية والزوجية عند اختلال تزامن مولد الانحراف الرأسى لشعاع انبوب الصورة (فى حالة عدم وجود نبضات التعادل)

الفردى ونبضة التزامن الافقى السابقة لها غير كافية لتفريغ مكثف دائرة التكامل لكل شحنته .

ولكى يتم التتابع الدقيق للخطوط الفردية والزوجية ، تستخدم نبضات التعادل (الشكل ٨ – ١٢) ، التى هى عبارة عن ست نبضات تسبق نبضة التزامن الرأسى المشرشرة ، وست نبضات تليها ، ومدة دورها هى $\frac{T_H}{2}$ ، اى تردد تكرارها هو ضعف تردد المسح الافقى ($2f_H$) . ويختار امد كل من نبضات التعادل والنبضات الضيقة (الثغرات) التى تتضمنها نبضة التزامن الرأسى المشرشرة اقل مرتين من امد كل من نبضات التزامن الافقى . وتتم مزامنة مولد الانحراف الافقى بنبضة واحدة من كل نبضتين متتاليتين من نبضات التعادل والنبضات العريضة المكونة لكل نبضة رأسية مشرشرة ، ويعمل المولد بالنسبة لهذه النبضات (ذات التردد $2f_H$) كمقسم للتردد على ٢ ، كما مبين فى الفصل العاشر .

ويتضح من كل ما ذكر ان اشارة التزامن المؤلفة ، فى حالة المسح المتشابك (الشكل ٨ – ١٤) اعقد كثيرا مما هى فى حالة المسح التقدمى . ولذلك نجد ان مولد نبضات التزامن المستخدم فى محطة التلفزيون فى حالة المسح المتشابك اكثر تعقيدا ، مما هو فى حالة المسح التقدمى .

واذا كان من الممكن تعقيد محطات الاذاعة التلفزيونية التى تخدم مئات الاف وحتى ملايين اجهزة التلفزيون ، فان محطات الارسال المستخدمة للتلفزيون التطبيقى ينبغى ان تكون ابسط ما يمكن صيانة وتصميما ، لانها



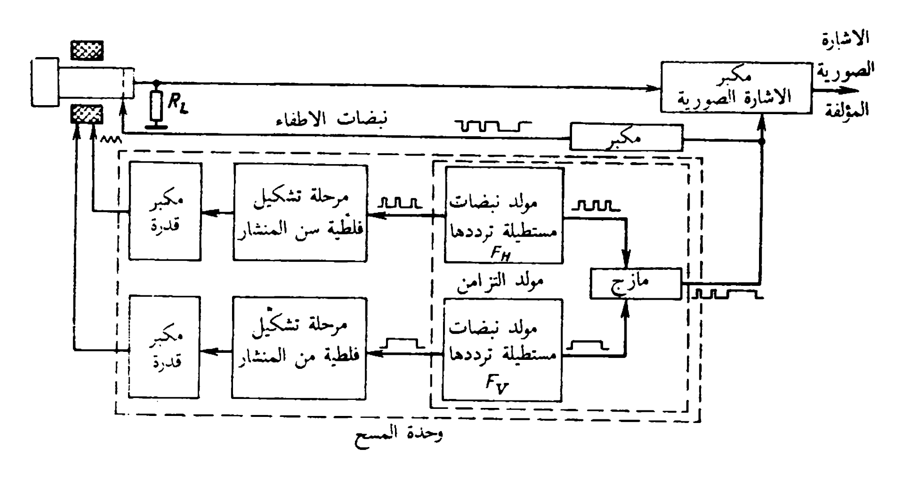
الشكل ٨ – ١٤ . الشكل الموجى للاشارة الصورية المؤلفة ، طبقا للنظام القياسى السوفييتى والاوربى : أ – الشكل الموجى للاشارة خلال فترة خطين من خطوط المسح ؛ ب – نبضة تزامن المجال الفردى ؛ جـ – نبضة تزامن المجال الزوجى

غالبا ما تكون متنقلة . ولذلك تستخدم فى التلفزيون التطبيقى احيانا طريقة المسح التقدمى ، كما تستخدم اشكال مبسطة لاشارة التزامن المؤلفة . ويمكن تبسيط هذه الاشارة اولا بالاستغناء عن نبضات الاطفاء ، على ان يجرى « الاطفاء » بواسطة نبضات التزامن . ويتم تبسيط اشارة التزامن المؤلفة ايضا باستخدام نبضات تزامن رأسي بدون « شرشرات » . ويمكن تبسيطها اخيرا بعدم ارسال نبضات التزامن الرأسى والاكتفاء بارسال نبضات التزامن الافقى . وفى هذه الحالة يتم الحصول على النبضات الرأسية بتقسيم تردد النبضات الافقية فى جهاز الاستقبال . ويلزم لذلك تقسيم التردد على Z ، مما يجعل جهاز الاستقبال اكثر تعقيدا .

البند ٨ ـ ٩ مولدات التزامن للمسح التقدمى

ان « مولد التزامن » هو الجهاز الذى يولد النبضات التى تتحكم فى عمل اجهزة الارسال والاستقبال التلفزيونى كلها . وعلى جودة عمل مولد التزامن يتوقف عمل المنظومة التلفزيونية كلها .

١) مولد بسيط لنبضات التزامن : يبين الشكل ٨ ـ ١٥ رسما تخطيطيا لعملية تشكيل ابسط اشارة تزامن مؤلفة ، للمسح التقدمى ، بدون نبضات



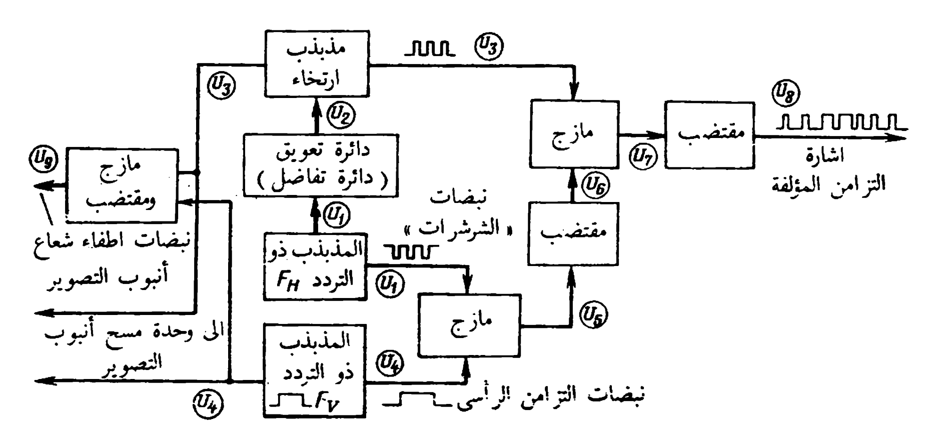
الشكل ٨ ـ ١٥ . رسم تخطيطى لمراحل تكوين ابسط اشارة صورية مؤلفة

اطفاء وبدون علاقة محكمة (جاسئة) بين ترددى المسح الافقى والرأسى . وفى تلك الحالة تقوم بدور مولد التزامن وحدة المسح فى كاميرا التصوير التلفزيونى . ويستخدم مزيج نبضات هذه الوحدة كاشارة تزامن مؤلفة ، كما يستخدم من اجل « اطفاء » شعاع انبوب التصوير .

٢) مولد تزامن ذو مقسم للتردد : اذا كان من الضرورى احكام العلاقة بين الترددين الافقى والرأسى ، ينبغى الحصول على النبضات الرأسية بقسمة تردد النبضات الافقية f_H على عدد الخطوط Z .

٣) مولد نبضات التزامن الرأسى « المشرشرة » : كما سبق ان بينا تتم المزامنة المستمرة لمولد الانحراف الافقى فى جهاز الاستقبال باستخدام

نبضات تزامن رأسى مقسمة (مشرشرة) الى عدة نبضات عريضة تفصل بين حافاتها الامامية فترات تساوى T_H . وطالما ان الحافات الخلفية للنبضات الضيقة (الثغرات) الموجودة فى كل نبضة رأسية مشرشرة هى نفس الحافات الامامية للنبضات العريضة المكونة لهذه النبضة ، فيمكن اعتبار تلك النبضات الضيقة كنبضات تزامن افقى معكوسة القطبية ومتقدمة زمنيا بمدة تساوى امد كل منها . ولما كان تعويق (تأخير) النبضات اسهل من جعلها متقدمة ، لذلك يتم اولا توليد سلسلة النبضات التى تتشكل منها « شرشرات » نبضات التزامن الرأسى ، ثم تتكون منها بعد تعويقها نبضات التزامن الافقى .

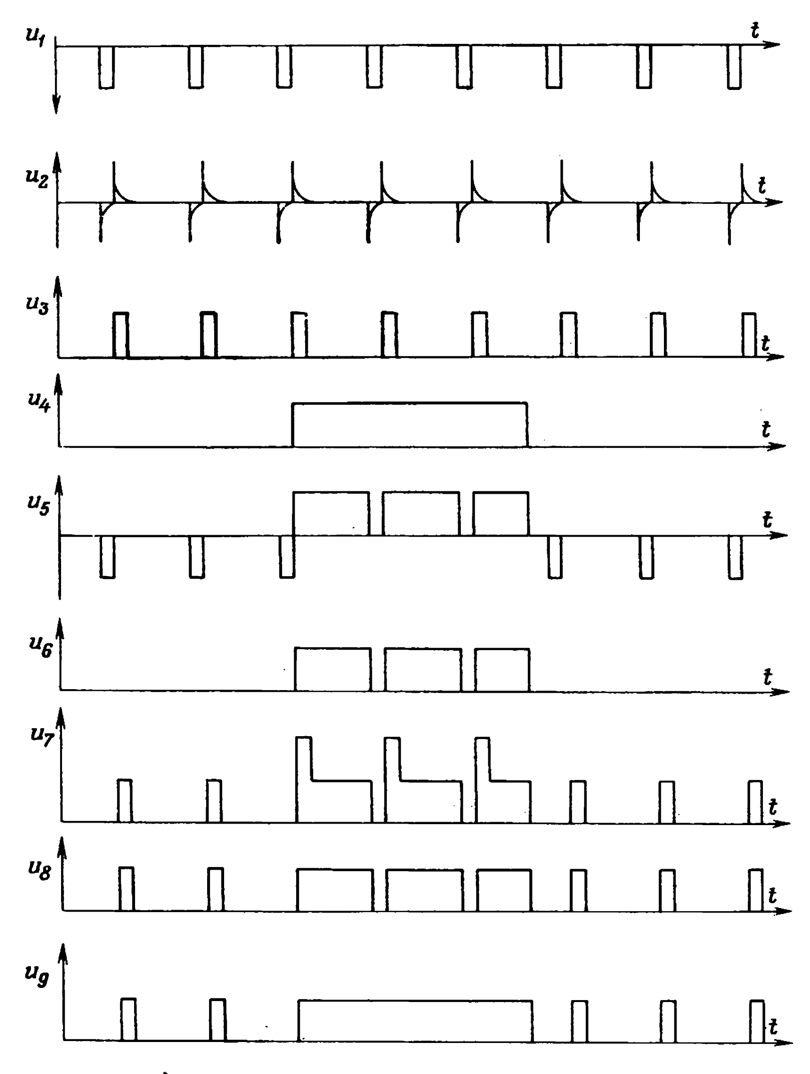


الشكل ٨ — ١٦ . رسم تخطيطى مبسط لمراحل مولد تزامن يشكل نبضات تزامن رأسى « مشرشرة »

ويبين الشكل ٨ — ١٦ رسما تخطيطيا مبسطا لمولد تزامن يشكل نبضات رأسية مشرشرة . ويتضح عمل هذا المولد بواسطة الاشكال الموجية الممثلة على الشكل ٨ — ١٧ .

يولد المذبذب ذو التردد f_H نبضات مستطيلة سالبة u_1 ، تردد تكرارها f_H . ويولد المذبذب ذو التردد f_v نبضات مستطيلة موجبة u_4 ، تردد تكرارها f_V . وتسلط النبضات u_1 والنبضات u_4 على مازج ، فتتكون النبضات u_5 التى تعطى بعد اقتضابها نبضات التزامن الرأسى المشرشرة موجبة القطبية u_6 .

وتتشكل نبضات التزامن الافقى u_3 بتعويق سلسلة النبضات u_1 بواسطة دائرة تفاضل ومذبذب استرخاء . وتعطى دائرة التفاضل نبضات حادة u_2



الشكل ٨ — ١٧ . الاشكال الموجية فى دائرة مولد التزامن المبين فى الشكل ٨ — ١٦

موجبة وسالبة . وتقوم النبضات الحادة الموجبة (الناتجة عن تفاضل الحافات الخلفية للنبضات u_1) بقدح مذبذب الاسترخاء ، فيعطى النبضات u_3 المعوقة بقدر عرض النبضات u_1 . وتجمع نبضات التزامن الافقى u_3 ونبضتات التزامن الرأسى المشرشرة u_6 بواسطة مازج ثم يسلط المجموع على مقتضب يعطى بالنتيجة اشارة التزامن المؤلفة u_8 .

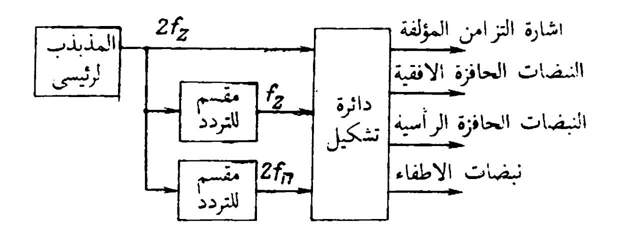
ويستخدم مجموع نبضات التزامن u_3 ، u_4 كنبضات اطفاء u_9 لشعاع انبوب التصوير التلفزيونى .

٤) مولد تزامن يشكل نبضات خاصة للاطفاء : ان مولدات التزامن التى سبق شرحها تولد فقط نبضات تزامن تستخدم فى نفس الوقت للمزامنة والاطفاء . اما مولدات التزامن الاكثر كمالا ، فهى تولد بالاضافة الى نبضات التزامن نبضات خاصة للاطفاء ذات امد اطول . وينبغى ان تكون الحافة الامامية لكل نبضة اطفاء متقدمة بالنسبة الى الحافة الامامية لنبضة التزامن التى تركب عليها . وطالما ان تعويق النبضات اسهل من جعلها متقدمة ، لذلك يتم اولا توليد نبضات الاطفاء ، ومنها بعد تعويقها يمكن الحصول على نبضات التزامن .

البند ٨ ـ ١٠ مولدات التزامن للمسح المتشابك

ان الحصول على التتابع (التشابك) الدقيق للخطوط الفردية والزوجية فى حالة المسح المتشابك يتطلب ان يشكل مولد التزامن اشارة التزامن المؤلفة ، من نبضات التزامن الافقى ونبضات التزامن الرأسى المشرشرة ونبضات التعادل ، على ان يكون تردد نبضات التعادل وتردد النبضات العريضة المكونة لكل نبضة رأسية مشرشرة ضعف تردد المسح الافقى .

ويبين الشكل ٨ ـ ١٨ رسما تخطيطيا مبسطا لمولد التزامن المستخدم فى حالة المسح المتشابك .



الشكل ٨ ـ ١٨ . رسم تخطيطى مبسط لمراحل مولد تزامن يستخدم للمسح المتشابك

يولد المذبذب الرئيسى سلسلة نبضات ذات تردد يساوى ضعف التردد الافقى ($2f_H$) . وتستخدم هذه النبضات كنبضات تعادل ، كما تستخدم لاحداث شرشرات فى نبضات التزامن الرأسى . ويقسم تردد نبضات المذبذب الرئيسى ($2f_H$) على ٢ للحصول على النبضات الافقية ، كما يقسم على عدد الخطوط Z للحصول على النبضات الرأسية . وطالما ان نسب التقسيم ثابتة ، فان العلاقة بين الترددين f_H ، f_V تكون محكمة (جاسئة) ، بحيث يتم التشابك الدقيق للخطوط الفردية والزوجية اوتوماتيا .

ولقد استخدمت فى اولى مولدات التزامن مقسمات تردد تستطيع القسمة باستقرار على اعداد صغيرة لا تتعدى ١٠ . ولذلك اختير عدد الخطوط مساويا حاصل ضرب عدة اعداد صحيحة صغيرة وفردية (من اجل ان يكون فرديا) ، مثل الاعداد التالية : ٣ ، ٥ ، ٧ ، ٩ . وهكذا تم اختيار عدد الخطوط مساويا ٤٠٥ = ٥ × ٩ × ٩ ، او ٥٢٥ = ٣ × ٥ × ٥ × ٧ أو ٦٢٥ = ٥ × ٥ × ٥ × ٥ .

وتسلط النبضات ذات التردد $2f_H$ والنبضات الافقية والرأسية (الناتجة عن القسمة على ٢ و Z) على دائرة التشكيل ، حيث يتم تكوين اشارة التزامن المؤلفة ، والنبضات الافقية والرأسية الحافزة لدوائر المسح فى انبوب التصوير ، واشارة (نبضات) اطفاء شعاع انبوب الصورة .

ويتألف مولد التزامن اساسا من مذبذب رئيسى يولد ذبذبات جيبية ، مذبذبات تولد نبضات مستطيلة ، مقسمات لترددات تكرار النبضات (عدادات النبضات) ، مقتضبات (محددات) ، مازجات ، دوائر استرخاء ودوائر تعويق . وقد يبلغ عدد الصمامات او الترانزستورات ٤٠ — ٥٠ .

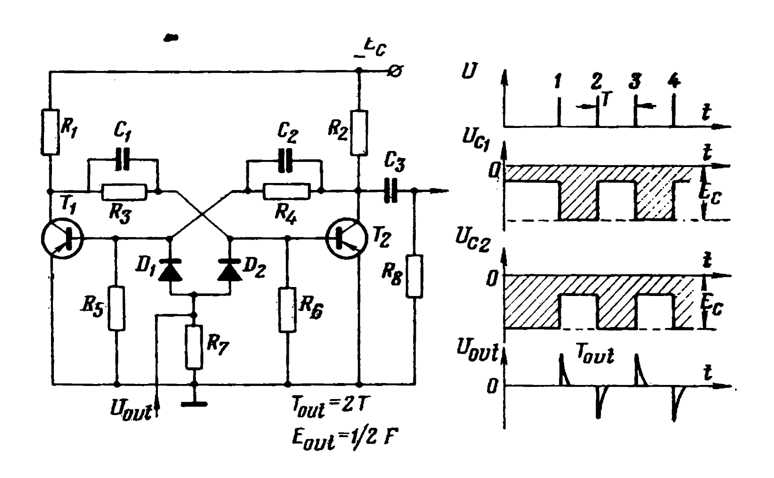
وتتم قسمة التردد فى الغالب بمذبذبات النبضات المستطيلة او المذبذبات المتعددة ثنائية الاستقرار (النطاطات) .

وتستخدم مذبذبات النبضات المستطيلة لقسمة التردد عادة فى مولدات التزامن المبسطة (كما فى تجهيزات التلفزيون التطبيقى) . وهى لا تضمن استقرار نسب القسمة . ويتلخص مبدأ عمل مثل تلك المذبذبات (كالمذبذب المانع والمذبذب المتعدد) كمقسمات للتردد فى ان حالة المذبذب لا تتبدل

عند قدحه بكل نبضة ، بل تتبدل فقط بعد كل ثلاث نبضات مثلا (كما مبين فى الفصل العاشر) .

وتستخدم اغلب مولدات التزامن العصرية مقسمات للتردد تعمل بالنطاطات .

البند ٨ ــ ١١ النطاط (المذبذب المتعدد الثنائى الاستقرار)



الشكل ٨ ــ ١٩ . مذبذب نطاط (ثنائى الاستقرار) يعمل بترانزستورين

ان النطاط (المذبذب المتعدد الثنائى الاستقرار) عبارة عن دائرة تتميز بحالتى استقرار ، وتبقى فى احداهما الى ان يتم قدحها (دفعها) بنبضة خارجية الى الحالة الاخرى . ويبين الشكل ٨ ــ ١٩ دائرة نموذجية لنطاط يتألف من ترانزستورين يعملان كمرحلتى تكبير مقرنتين بمقاومة ، وقد وصل خرج المرحلة الثانية بدخل المرحلة الأولى عن طريق مقسم للفلطية . وتتميز الدائرة بأن قطاعى النطاط متماثلان : $C_1=C_2$ ، $R_3=R_4$ ، $R_1=R_2$. وتختار قيم مكونات الدائرة ، بحيث يكون الترانزستور T_1 فى حالة القطع عندما يكون الترانزستور T_2 فى حالة التوصيل ، والعكس بالعكس : يكون الترانزستور T_2 فى حالة القطع عندما يكون الترانزستور T_1 فى حالة التوصيل . واذا سلطت على دخل الدائرة نبضة موجبة ، فان الترانزستور الذى كان فى حالة التوصيل

يصبح فى حالة القطع ، بينما يصبح الترانزستور الاخر فى حالة التوصيل . وبذلك تنعكس حالة استقرار الدائرة .

لنفترض ان الوضع الاصلى للنطاط هو الوضع الذى كان فيه الترانزستور T_1 فى حالة التوصيل والترانزستور T_2 فى حالة القطع .

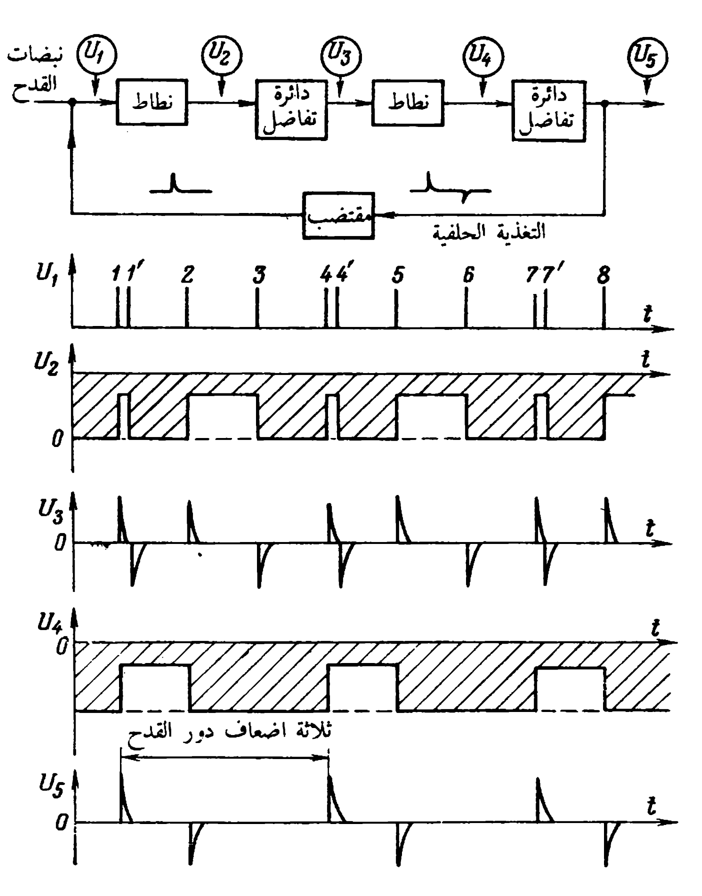
فاذا سلطنا نبضة قدح موجبة على قاعدتى الترانزستورين ، عن طريق الثنائيين D_1 ، D_2 ، فان وصولها الى قاعدة الترانزستور T_2 الكائن فى حالة القطع لا يؤثر على حالته ، ولكن وصولها الى قاعدة الترانزستور T_1 الكائن فى حالة التوصيل يؤدى فورا الى ان يصبح هذا الترانزستور فى حالة القطع . وعندئذ تزداد القيمة السالبة لجهد مجمع الترانزستور T_1 ، فتزداد القيمة السالبة لجهد قاعدة الترانزستور T_2 ، مما يدفعه الى حالة التوصيل . ولذلك تنخفض القيمة السالبة لجهد مجمع الترانزستور T_2 ، فتنخفض القيمة السالبة لجهد قاعدة الترانزستور T_1 ، مما يبقيه فى حالة القطع .

وعلى هذا النحو ، تنعكس حالة استقرار النطاط بتأثير اول نبضة قدح ، فيصبح الترانزستور T_1 فى حالة القطع والترانزستور T_2 فى حالة التوصيل . وتظل الدائرة فى هذه الحالة الى ان تقدحها نبضة اخرى تدفع الترانزستور T_2 الى حالة القطع وتدفع الترانزستور T_1 الى حالة التوصيل . وتؤدى نبضة القدح الثالثة الى ان يصبح الترانزستور T_1 فى حالة القطع ويصير الترانزستور T_2 فى حالة التوصيل . وهكذا تتكون على مجمع كل من الترانزستورين نبضات مربعة (مستطيلة) . وبعد تفاضل هذه النبضات ، بواسطة دائرة التفاضل R_8C_3 ، نحصل على نبضات ثنائية القطبية . وكما يبين الشكل ٨ — ١٩ ، تتوالى نبضات الخرج وحيدة القطبية (اما النبضات الموجبة او النبضات السالبة) بتردد اقل مرتين من تردد تكرار نبضات الدخل . وعلى هذا النحو يمكن استخدام النطاط لقسمة التردد على ٢ ، اى لعد النبضات اثنتين اثنتين ، ولهذا يسمى احيانا بالعداد الثنائى . ويساعد المكثفان C_1 ، C_2 على الاسراع فى عملية انعكاس حالة استقرار الدائرة . ويستخدم الثنائيان لمنع مرور اية نبضات سالبة الى قاعدتى الترانزستورين .

ويمكن تقسيم التردد على اكثر من ٢ بتوصيل عدة نطاطات على التعاقب . واذا كان عدد النطاطات هو n ، فان المقسوم عليه (نسبة القسمة) يساوى $K=2^n$. وعلى سبيل المثال ، عندما $n=2$ ، يكون $K=2^2=4$ ، وعندما $n=3$ ، يكون $K=2^3=8$. وهكذا فان K هو دائما عدد زوجي .

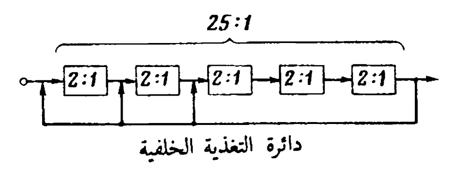
ولكن مولدات التزامن المستخدمة للمسح المتشابك تتطلب القسمة على عدد فردى . فكيف تتم مثل هذه القسمة بواسطة النطاطات ؟

ان من الممكن استخدام النطاطات للقسمة على اى عدد ، اذا استخدمت معها دوائر تغذية خلفية . ويبين الشكل ٨ — ٢٠ على سبيل المثال مقسما



الشكل ٨ — ٢٠ . مقسم لتردد النبضات (عداد) يتألف من نطاطات متعاقبة ودائرة تغذية خلفية (تغير قيمة المقسوم عليه)

للتردد يتألف من نطاطين ودائرة تغذية خلفية توصل خرج النطاط الثانى بدخل النطاط الاول . وتشمل دائرة التغذية الخلفية دائرة تفاضل ومقتضب (ثنائى) يمرر النبضات الموجبة فقط . وكما يتضح من الشكل ، بعد كل اربع نبضات قدح ، تصل الى دخل النطاط الاول من خرج النطاط الثانى



الشكل ٨ – ٢١ . رسم تخطيطى لمقسم نموذجى لتردد النبضات يقسم على ٢٥ (ولو لم توجد تغذية خلفية لكان يقسم على ٢^٥ = ٣٢)

عن طريق دائرة التغذية الخلفية نبضة اضافية موجبة القطبية . وطالما ان هذه النبضة تصل الى دخل النطاط الاول معوقة (مؤخرة) قليلا ، فهى تبدو كنبضة « زائدة » تسبب اعادة التوليد (انعكاس حالة الاستقرار) فى النطاط الاول مرة اضافية . وبذلك نجد انُ النبضات الخارجة من كل من النطاطين مختلفة الامد ، ونجد ان امد النبضة الموجبة الخارجة من النطاط الثانى قد اصبح نتيجة لتأثير التغذية الخلفية اقل مرتين من امد النبضة السالبة التى ينقطع خلالها تأثير التغذية الخلفية . وهكذا يتم تقسيم تردد نبضات القدح على ٣ بدلا من ٤ .

ويمكن ابطال تأثير احدى نبضات القدح (بدلا من اضافة نبضة « زائدة ») بتغيير طريقة ادخال جهد التغذية الخلفية ، لتصبح نسبة القسمة مساوية ٥ .

ويبين الشكل ٨ – ٢١ رسما تخطيطيا لمقسم التردد يتألف من خمسة نطاطات ودائرة تغذية خلفية ، ويقسم على ٢٥ . ويستخدم فى مولد التزامن مقسمان من ذلك النمط للقسمة على عدد الخطوط (٦٢٥ = ٢٥ × ٢٥) .

وتمتاز مقسمات التردد التى تعمل بالنطاطات بأنها جيدة الاستقرار ومضمونة العمل وبسيطة الضبط .

الفصل التاسع

تكبير الاشارات الصورية

البند ٩ ــ ١ خصوصيات تكبير الاشارات الصورية

ان وجود الحدود الرأسية بين تفاصيل الصور المتلفزة يؤدى الى ان تكون الاشارة التلفزيونية اشارة نبضية .

ولذلك تتميز مكبرات الاشارات الصورية عن مكبرات الذبذبات الصوتية (السمعية او المنخفضة) بأن نطاقها الترددى يجب ان يكون عريضا جدا (عدة ميجاهرتزات) ، كما ان استجابتها الطورية ينبغى ان تكون استجابة خطية .

وتستخدم لتكبير الاشارات الصورية عادة مكبرات « لادورية » تعمل بالصمامات او الترانزستورات ومقرنة بالمقاومات والمكثفات .

وتضاف الى دوائر هذه المكبرات دوائر خاصة لزيادة عرض النطاق وتقليل التشوهات الطورية واللاخطية .

وتستخدم لتكبير الاشارات الصورية فى بعض الحالات مكبرات التيار المستمر المقرنة مباشرة بالمقاومات (بدون مكثفات) .

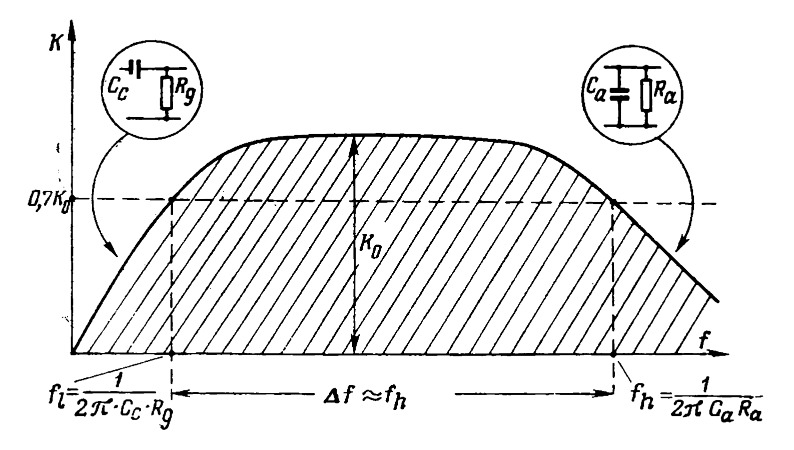
البند ٩ ــ ٢ الخصائص الاساسية للمكبرات الصورية

١) الاستجابة الترددية : ان الاستجابة الترددية او استجابة الاتساع (العلاقة بين الاتساع والتردد) للمكبر المقرن بمقاومة ومكثف تتمثل بمنحنى يهبط عند الترددات العليا والسفلى (الشكل ٩ ــ ١) .

ويحدث الهبوط عند الترددات السفلى نتيجة لتأثير المكثفات القارنة ، بينما ينتج الهبوط عند الترددات العليا عن تأثير السعات الطفيلية المتصلة على

التوازى مع مقاومة حمل كل مرحلة تكبير (السعات بين الكترودات الصمامات او الترانزستورات ، السعات الشاردة ، وسعة الحمل) .

ومما تجدر الاشارة اليه ان مكبرات التيار المستمر المقرنة مباشرة (بدون مكثفات) تمتاز بعدم هبوط الاستجابة عند الترددات السفلى .

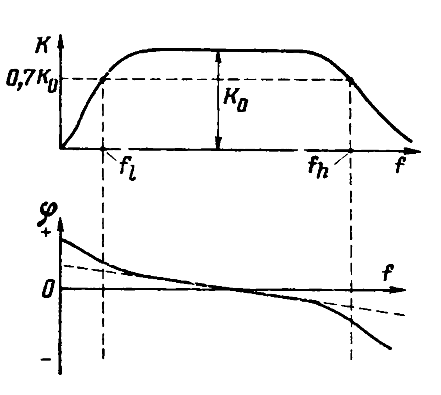


الشكل ٩ — ١ . الاستجابة الترددية (استجابة الاتساع) لمكبر مقرن بمقاومة ومكثف $\left(f_h=\frac{1}{2\pi C_a R_a}\right)$

٢) عرض النطاق الترددى : يتحدد عرض نطاق المكبر بتردد القطع العلوى f_h وتردد القطع السفلى f_l ، اى يتحدد بالترددين اللذين يهبط عندهما كسب القدرة بنسبة ٠,٥ وكسب الجهد بنسبة ٠,٧ من الكسب عند الترددات الوسطى (K_0) .

٣) استجابة الطور : ان وجود السعات والمحاثات فى دائرة المكبر لا يؤدى فقط الى تغير الكسب (استجابة الاتساع) عند تغير التردد، بل يؤدى ايضا الى تغير الفرق بين طورى اشارتى الخرج والدخل . وثمة علاقة متبادلة بين استجابة الطور (تابعية فرق الطور للتردد) واستجابة الاتساع (الشكل ٩ — ٢) . ففى منطقة الترددات المتوسطة ، حيث استجابة الاتساع لا تتغير مع التردد ، نجد استجابة الطور خطية . وعند ترددى القطع ، حيث تبدأ استجابة الاتساع بالهبوط ، نجد استجابة الطور غير خطية . وتؤدى لاخطية

استجابة الطور لترددات الاشارة الى اختلاف التعوق الزمني امركبات الاشارة .



الشكل ٩ — ٢ . العلاقة بين استجابة الاتساع واستجابة الطور لمكبر مقرن بمقاومة ومكثف

٤) منحنى تحويل الاتساع :

يتوقف شكل منحنى تحويل الاتساع (منحنى العلاقة بين تساعى اشارتى الخرج والدخل) على اختيار نقطة التشغيل على المنحنى المميز الدينامى للصمام او الترانزستور ، كما يتوقف على اتساع اشارة الدخل . واذا تم التشغيل على الجزء المستقيم من المنحنى المميز الدينامى ، فان منحنى تحويل الاتساع يكون خطيا (مستقيما) ايضا .

البند ٩ ـ ٣ تشوهات الاشارة الصورية

اذا كان عرض نطاق مرور الترددات محدودا ، او اذا كان منحنى استجابة الطور او تحويل الاتساع غير خطى ، فانّ الشكل الموجى للاشارة الصورية الخارجة من المكبر يختلف عن الشكل الموجى للاشارة الداخلة اليه .

وقد تتعرض الاشارة عند تكبيرها لثلاثة انواع من التشوهات :

١) التشوهات الترددية : تنتج عندما يكون عرض نطاق المكبر اقل من عرض طيف الاشارة . وفى هذه الحالة تختلف نسبة تكبير كل من مركبات طيف الاشارة باختلاف تردداتها ، مما يجعل شكل اشارة الخرج مختلفا عن شكل اشارة الدخل . فمثلا ، عند تكبير النبضات المستطيلة يؤدى قطع الترددات العليا الى اطالة حافتى كل نبضة (يجعلهما اقل حدة) ، بينما يؤدى قطع الترددات السفلى الى امالة او حنى الجزء الافقى (قمة النبضة) .

٢) التشوهات الطورية : ترتبط بالتشوهات الترددية (تشوهات استجابة

الاتساع) وتنتج عن كون زحزحة الطور فى المكبر غير متناسبة خطيا مع التردد فى نطاق المرور (اى ان التعوق الزمنى لمركبات طيف الاشارة غير متساو) ، مما يشوه الشكل الموجى لاشارة الخرج .

وتؤدي التشوهات الطورية فى منطقة الترددات العليا الى ان ترتفع حافات النبضات ارتفاعا عابرا زائدا ، كما تظهر على قمة كل نبضة ذبذبات متضائلة . ويزداد مقدار تجاوز قمة كل نبضة (الارتفاع العابر الزائد) ، كلما ازدادت لاخطية استجابة الطور فى منطقة الترددات العليا . ويحدث مثل هذا الشئ ، كلما كان هبوط استجابة الاتساع فى حالة الترددات العليا اكثر حدة .

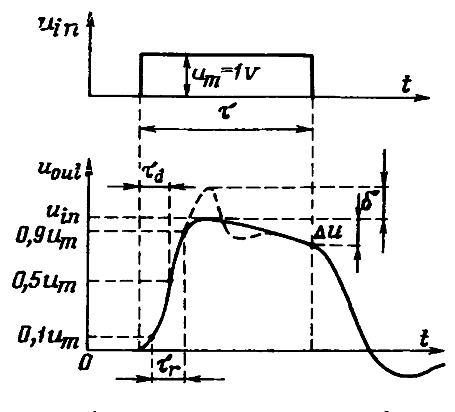
٣) التشوهات اللاخطية : ان التشوهات الترددية والطورية تسمى تشوهات خطية ، لأنها لا تتوقف عادة على لاخطية المنحينات المميزة للصمامات او الترانزستورات المكبرة ، كما انها لا تتوقف على اتساع الاشارات التى يجرى تكبيرها .

وتؤدى لاخطية المنحنيات المميزة الدينامية للصمامات او الترانزستورات الى تشوهات للشكل الموجى تسمى التشوهات اللاخطية . ولا تتوقف هذه التشوهات عادة على تردد اشارة الدخل ، ولكنها تتوقف على اتساعها . وينجم عن التشوهات اللاخطية ان تختل النسب الاصلية بين مستويات الاشارة ، اى تتشوه من حيث الاتساع . ولكن اى تشويه لشكل الاشارة يؤدى حتما الى تغيير طيفها ، اى يؤدى الى تغيير النسب الاصلية بين مركبات الطيف وظهور مركبات جديدة .

البند ٩ ـ ٤ الاستجابة العابرة للمكبر الصورى

ان الاستجابة « العابرة » للمكبر هى استجابته (خرجه) عندما تسلط على دخله درجة تغير حاد للفلطية (وتحتوى النبضة المستطيلة على درجتين : درجة موجبة ودرجة سالبة) (الشكل ٩ ـ ٣) . ويمكن الحصول على الاستجابة « العابرة » على شاشة راسم الذبذبات ، اذا سلطنا خرج المكبر على لوحى الانحراف الرأسى ، على ان تسلط على لوحى الانحراف الافقى (أمزامنة راسم

الذبذبات) نفس النبضات المسلطة على دخل المكبر (نبضات الاختبار) . وتتمثل الاستجابة « العابرة » بحافة درجة الفلطية (حافة النبضة) بعد تشوهها فى المكبر .



الشكل ٩ — ٣ . الاستجابة العابرة لمكبر

وتسمى هذه الاستجابة « عابرة » لانها تميز مقدرة المكبر على اعطاء رد فعل على تغير سريع جدا لفلطية الدخل : من حالة غياب الاشارة الى حالة تسليط درجة الفلطية . وتتحدد الاستجابة العابرة بالبارامترات الآتية (الشكل ٩ — ٣) :

١ — وقت الصعود او وقت الارتفاع τ_r
٢ — الامالة ΔU
٣ — وقت التعوق τ_d
٤ — التجاوز δ.

وكما سبق ان ذكرنا ، يعتمد وقت الصعود (امد حافة النبضة) على نسبة تكبير الترددات العليا ، بينما تتوقف الامالة على نسبة تكبير الترددات السفلى . ويتحدد وقت التعوق بشكل استجابة الطور .

ويتوقف ظهور التجاوز (الارتفاع العابر الزائد ، المبين فى الشكل ٩ — ٣ بخط منقط) على شدة هبوط الاستجابة الترددية عند الترددات العليا ، ومن ثم يتوقف على لاخطية استجابة الطور عند تلك الترددات .

ويمكن ان يظهر التذبذب او « الدق » على قمة النبضة نتيجة للاستثارة الصدمية (النبضية) للدوائر المحتوية على محاثة (كما فى حالة استخدام ملف التصحيح) .

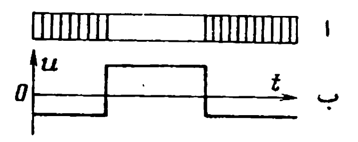
وعلى ذلك النحو تسمح الاستجابة العابرة بتكوين فكرة عن الاستجابتين الترددية والطورية فى نفس الوقت .

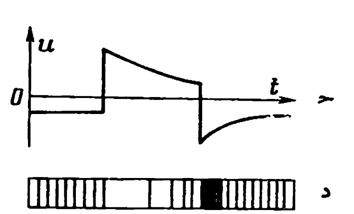
ويمكن تسهيل التقييم الكمى لبارامترات الاستجابة العابرة باضافة « نبضات علامية » (نبضات العلامات التى تسمح بتقييم الفترات الزمنية) الى موجة الاختبار المستطيلة .

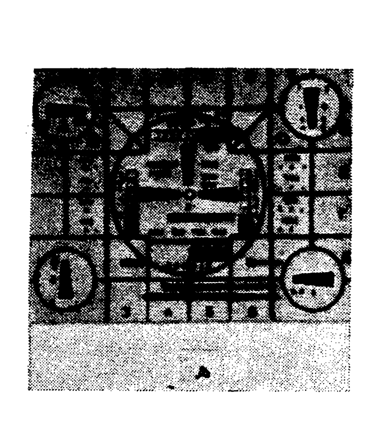
البند ٩ ـ ٥ تأثير تشوهات الشكل الموجى للاشارة الصورية على الصورة التلفزيونية

ان اي تشويه للشكل الموجى للاشارة الصورية يؤدي الى اختلاف الصورة الناتجة على شاشة جهاز الاستقبال عن الصورة الاصلية المسقطة على الكاثود الضوئى لأنبوب التصوير التلفزيونى .

فعند تقليل حدة حافات النبضات ، يصبح الانتقال من الاسود الى الابيض (او من الابيض الى الاسود) اكثر سلاسة ، وتصبح حدود تفاصيل الصورة اقل وضوحا (تظهر لطخة من الاسود الى الابيض عند كل حد) .



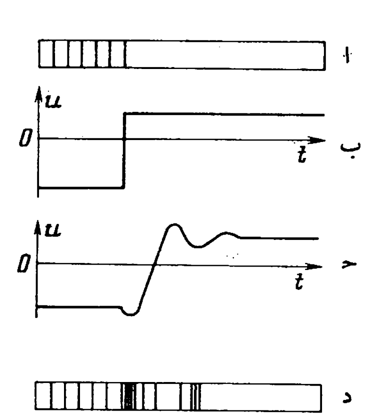


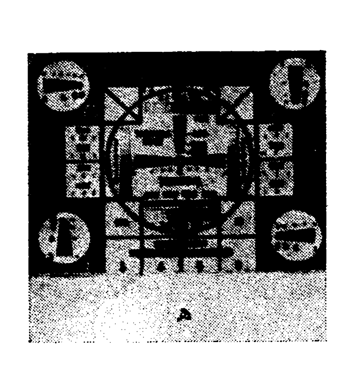


الشكل ٩ ـ ٤ . اللطخات : أ ـ الصورة الاصلية ؛ ب ـ الشكل الموجى المثالى لدخل قناة التكبير الصورى ؛ جـ ـ الشكل الموجى المشوه لخرج قناة التكبير الصورى ؛ د ـ الصورة المشوهة الناتجة على شاشة أنبوب الصورة (وتدل كثافة خطوط التظليل الرأسية مجازا على درجة سواد عناصر الصورة) ؛ هـ ـ صورة نمط الاختبار فى حالة وجود اللطخات.

وتسبب امالة قمة كل نبضة انخفاضا تدريجيا لنصوع كل شريط نير موجود فى الصورة . وتظهر بعد مثل ذلك الشريط لطخة قاتمة يزداد نصوعها تدريجيا (الشكل ٩ ــ ٤) ، كما تظهر بعد كل شريط قاتم لطخة بيضاء .

وتؤدى التجاوزات والذبذبات المتضائلة (« الدق ») التى يمكن ان تنشأ على قمة كل نبضة الى ظهور خطوط رفيعة سوداء وبيضاء موازية لحدود تفاصيل الصورة (وتنتج عن التجاوزات حدود وحيدة الخطوط ، بينما تسبب ظاهرة « الدق » حدودا متعددة الخطوط) . ويترتب على ذلك ان تصبح حدود تفاصيل الصورة بارزة (مجسمة) ، كما لو ان الصورة « منحوتة » (معجونة) من البلاستيك (الشكل ٩ ــ ٥) .





الشكل ٩ ــ ٥ . ظاهرة « الدق » (« البلاستيك ») :
أ ــ الصورة الاصلية ؛ ب ــ الاشارة الداخلة الى قناة التكبير الصورى ؛ جـ ــ الاشارة المشوهة الخارجة من قناة التكبير الصورى ؛ د ــ الصورة المشوهة الناتجة على شاشة أنبوب الصورة ؛ هـ ــ صورة نمط الاختبار فى حالة وجود ظاهرة « الدق » (« البلاستيك »)

واذا حدث « دق » غير شديد ، فان حدود تفاصيل الصورة تبرز نوعا ما وتصبح اكثر وضوحا ، وبذلك يكون « الدق » غير الشديد مفيدا احيانا . اما اذا كان « الدق » ظاهرا بشدة ، فهو يؤدى الى مضاعفة (تكرار) تلك الحدود ، فتتشوه الصورة تشوها شديدا .

وينجم عن التشوه اللاخطى للاشارة الصورية تشوه درجات الظل والنور فى الصورة التلفزيونية المتكونة على شاشة جهاز الاستقبال .

ويمكن تقليل التشوهات اللاخطية الى الحد المسموح به باختيار مناسب للصمامات والترانزستورات وحالات تشغيلها . وتستخدم من اجل ذلك ايضا دوائر تغذية خلفية سالبة .

وينبغي ان تعطى المكبرات الصورية فى بعض الحالات تشوهات لاخطية تصحح التشوهات اللاخطية التى تنشأ فى اجزاء اخرى من المنظومة التلفزيونية (انظر البند ٩ ــ ١٥) .

البند ٩ ــ ٦ المتطلبات الاساسية لتكبير الاشارة الصورية

لكى تكون الصورة التلفزيونية المعاد انتاجها على شاشة جهاز الاستقبال اقرب ما يمكن الى الصورة الاصلية المسقطة على الكاثود الضوئى لانبوب التصوير التلفزيونى ، يجب ان تكون التشويهات التى تسببها المكبرات الصورية اقل ما يمكن .

وحتى لا تتعدى التشويهات الخطية للاشارة الصورية الحدود المسموح بها ، ينبغى تحديد قيم وقت حافة الاستجابة العابرة τ_r والتجاوز δ والامالة ΔU .

ويعتبر عادة ان الوقت المسموح به لحافة الاستجابة العابرة لكل المنظومة التلفزيونية يساوى مدة مسح عنصر واحد من عناصر الصورة . وتبلغ هذه المدة فى الاذاعة التلفزيونية ٧×١٠^{-٨} ثانية .

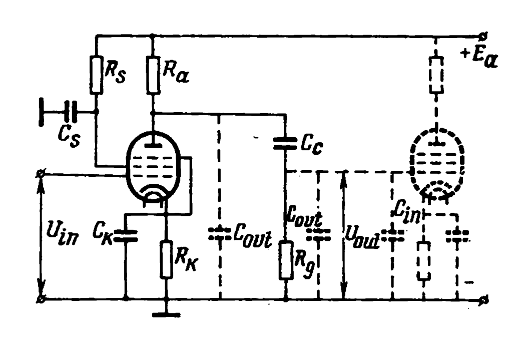
اما القيمتان المسموح بهما للتجاوز والامالة لكل المنظومة التلفزيونية ، فيمكن اعتبارهما مساويتين ٥ ٪ .

ومن اجل تحقيق تلك المتطلبات ، يجب ان تكون الاستجابة الترددية للمكبر الصورى مستوية لدرجة كافية ، كما ينبغى الا يكون هبوطها (قطعها) عند الترددات العليا والسفلى حادا جدا . ويجب ان تكون استجابة الطور خطية فى نطاق ترددات الاشارة المطلوب تكبيرها .

ومن الضرورى الا تتعدى التشوهات اللاخطية للاشارة الصورية ±١٠٪ .

البند ٩ ـ ٧ المكبر الصورى ذو الاستجابة غير المعادلة

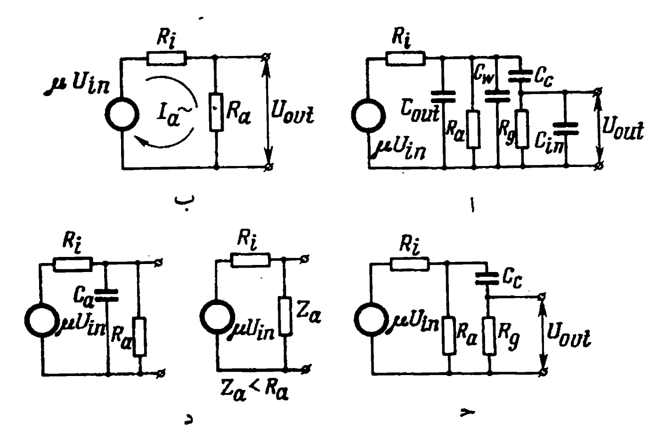
يبين الشكل ٩ ـ ٦ دائرة نموذجية لمكبر صورى يعمل بصمام خماسى . والمكثفات المبينة فى الشكل بخطوط منقطة هى السعات « الطفيلية » او الموزعة : سعة خرج صمام التكبير C_{out} (السعة بين الانود والكاثود) ، وسعة دخل الصمام التالى C_{in} (السعة بين الشبكة والكاثود) ، وسعة اسلاك التوصيل C_w .



الشكل ٩ ـ ٦ . دائرة مكبر صورى خماسى

ويمكن تحليل عمل المكبر باستبدال الصمام بالمولد المكافئ الذى قوته الدافعة الكهربائية تساوى حاصل ضرب عامل التكبير μ فى فلطية الدخل U_{in} ، ومقاومته الداخلية R_i (الشكل ٩ ـ ٧) .

ويبين الشكل ٩ ـ ٧ ـ أ الدائرة المكافئة الكاملة مع اخذ السعات الطفيلية C_{out} ، C_{in} ، C_w والسعة القارنة C_c فى الاعتبار .



الشكل ٩ ـ ٧. الدوائر المكافئة للمكبر الصورى : أ ـ الدائرة المكافئة الكاملة ؛ ب ـ الدائرة المكافئة لدى الترددات المتوسطة؛ جـ ـ الدائرة المكافئة لدى الترددات السفلى ؛ د ـ الدائرة المكافئة لدى الترددات العليا

ويمكن تبسيط الدائرة المكافئة للمكبر بتقسيم مدى الترددات الى ترددات سفلى وترددات متوسطة وترددات عليا .

ومما يجدر ذكره ان « الترددات المتوسطة » هى من رتبة ١ ميجاهرتز فى حالة المكبرات الصورية ، بينما هى من رتبة الكيلوهرتز فى حالة المكبرات السمعية .

ان « الترددات المتوسطة » للاشارة المكبرة هى الترددات التى يمكن ان نهمل عندها تأثير السعة القارنة والسعات الطفيلية ، اى الترددات التى تحقق الشرطين :

$$\frac{1}{2\pi f\,(C_{out}+C_{in}+C_{w})} \gg R_a\,,$$

$$\frac{1}{2\pi f C_c} \ll R_g$$

ويبين الشكل ٩ – ٧ – ب الدائرة المكافئة للمكبر عند الترددات المتوسطة مع مراعاة ان $R_g \gg R_a$.

ويبين الشكل ٩ – ٧ – ج الدائرة المكافئة للمكبر عند الترددات السفلى . وفى هذه الحالة يمكن اهمال السعات الطفيلية ، ولكن من الضرورى مراعاة تأثير المكثف القارن . فعند انخفاض التردد ، تزداد مفاعلة هذا المكثف ، فيزداد هبوط الفلطية عليه .

ويبين الشكل ٩ – ٧ – د الدائرة المكافئة للمكبر عند الترددات العليا . وفى هذه الحالة يمكن اهمال تأثير المكثف القارن ، ولكن يجب مراعاة تأثير السعات الطفيلية المتصلة على التوازى مع مقاومة حمل الانود R_a ، لأن مفاعلتها تقل وتقارب المقاومة R_a ، فيصبح حمل الصمام عبارة عن معاوقة ($Z_a < R_a$) مؤلفة من المقاومة R_a والسعة C_a المساوية لمجموع السعات الطفيلية ($C_a = C_{out} + C_{in} + C_w$) .

ومن الدوائر المكافئة للمكبر نحصل على العلاقات التالية :

١) الكسب (التكبير) عند الترددات المتوسطة :

$$K_0 = SR_a \tag{9.1}$$

حيث S يرمز الى المواصلة التبادلية للصمام .

٢) حدا قطع الترددات السفلى والعليا :

$$f_l = \frac{1}{2\,\pi R_g C_c} \qquad (9.2)$$

$$f_h = \frac{1}{2\,\pi\, R_a C_a} \qquad (9.3)$$

ويبلغ تردد القطع السفلى للمكبرات الصورية عشرات الهرتزات، بينما يبلغ تردد القطع العلوى عدة ميجاهرتزات .

وطالما ان $f_h \gg f_l$ ، فان عرض النطاق الترددى يساوى تقريبا f_h .

وتتحدد خواص المكبر الصورى بحاصل ضرب الكسب K_0 فى عرض النطاق f_h :

$$K_0 f_h = S R_a \frac{1}{2\,\pi R_a C_a} = \frac{S}{2\,\pi C_a} \qquad (9.4)$$

اى تتحدد اساسا ببارامترات الصمام S ، C_i ، C_0 .

ويفسر هذا بان عرض نطاق المكبر محدود من طرف الترددات العليا بتردد يزداد بتقليل مقاومة الحمل R_a ، مما يؤدى الى تقليل الكسب . وبالعكس ، يزداد الكسب بزيادة المقاومة R_a ، اى يزداد بتقليل عرض النطاق .

ولكى يكون عرض نطاق المكبر الصورى عدة ميجاهرتزات ، ينبغى ان تكون مقاومة حمل الانود صغيرة نسبيا (مئات او الاف الاوم) .

ويتم الحصول على كسب كاف لكل مرحلة تكبير باستخدام الصمامات الخماسية التى تمتاز بمواصلة تبادلية كبيرة ، كما تمتاز بصغر قيم السعات بين الكتروداتها .

ويسمى حاصل ضرب الكسب فى عرض النطاق $\left(\frac{S}{2\,\pi C_a}\right)$ عامل استحقاق الصمام (ويفترض عند حساب C_a أن سعة التوصيلات C_w تساوى ١٠ بيكوفاراد) . واذا كان عامل استحقاق احد انواع الصمامات يساوى ٥٠ ميجاهرتز ، فمعنى هذا ان مثل هذه الصمامات تعطى كسبا قدره ١٠ عند تكبير نطاق عرضه ٥ ميجاهرتز .

ويبلغ عامل استحقاق بعض الصمامات الخماسية السوفييتية الصنع ٤١٠ ميجاهرتز .

وكما سبق ان ذكرنا ترتبط الاستجابة الترددية للمكبر الصورى باستجابته العابرة . فلنحدد العلاقات بين القيم المميزة لهاتين الاستجابتين :

١) العلاقة بين وقت صعود النبضة وتردد القطع العلوى : يتحدد وقت صعود (حافة) النبضة الخارجة من المكبر بالثابت الزمنى لعملية شحن السعة C_a المتصلة على التوازى مع مقاومة حمل الانود R_a . واذا قيس وقت الصعود من ٠,١ الى ٠,٩ من قيمة ذروة النبضة ، فهو يساوى تقريبا $2.2\,R_aC_a$ ، اى يرتبط بتردد القطع العلوى f_h بموجب العلاقة (9.3) كما يلى :

$$f_h = \frac{0.35}{\tau_r} \qquad (9.5)$$

٢) العلاقة بين امالة قمة النبضة وتردد القطع السفلى : يتحدد مقدار امالة قمة النبضة ΔU بسرعة شحن المكثف القارن C_c وامد النبضة τ .

واذا كان الثابت الزمنى لدائرة التقارن C_cR_g اقل كثيرا من امد النبضة τ ، كما فى حالات تكبير الاشارات الصورية ، فان الامالة النسبية تساوى $\frac{\tau}{C_cR_g}$. وبموجب العلاقة (9.2) ترتبط الامالة النسبية (النسبة المئوية) بتردد القطع السفلى كما يلى :

$$f_l = \frac{\Delta U\,\%}{100} \cdot \frac{1}{2\,\pi\tau} = \frac{\Delta U\,\%}{628\,\tau} \qquad (9.6)$$

وتحدد الامالة عادة لاكبر قيمة لامد النبضات المصادفة عمليا .

اذا علمنا القيمتين المسموح بهما لوقت الصعود τ_r والامالة $\Delta U\,\%$ ، فيمكن تحديد ترددى القطع f_h ، f_l من العلاقتين (9.5) ، (9.6) .

وتختار قيمة مقاومة الحمل R_a من العلاقة (9.3) للحصول على القيمة المناظرة لتردد القطع العلوى .

ويجب ان تكون قيمة مقاومة الشبكة R_g اكبر ٢٥ ـــ ٥٠ مرة من R_a ، بشرط الا تزيد عن ١ ميجا أوم ، لكى لا تقارب قيمة مقاومة العزل ، والا فان المكبر لن يعمل باستقرار .

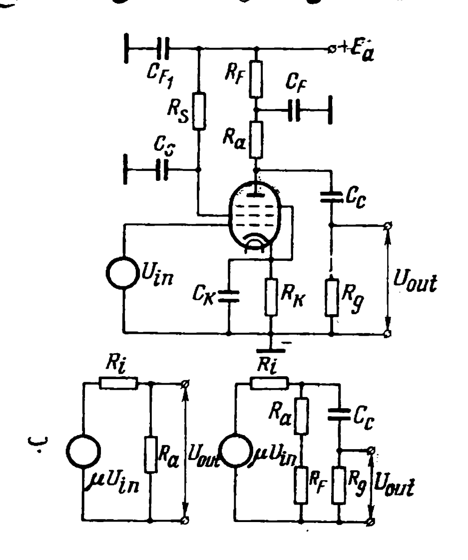
وتتحدد سعة المكثف القارن C_c من العلاقة (9.2) ، بشرط الا تتعدى ٠,٠٥ ميكروفاراد . ويفسر هذا بان المكثفات الكبيرة الحجم تحتاج الى ان تثبت بالشاسية ، مما يؤدى الى زيادة السعة الطفيلية للتوصيلات .

البند ٩ ـ ٨ معادلة استجابة المكبر الصورى عند الترددات السفلى

اذا لم تكن سعة مكثف التقارن كبيرة لدرجة كافية ، فمن الضرورى تعويض تأثيرها عند الترددات السفلى . ويمكن ان يتم ذلك بواسطة المرشح $C_F R_F$ الموصل بدائرة انود صمام التكبير ، كما فى الشكل ٩ ـ ٨ . وتختار قيمة السعة C_F بحيث تكون مفاعلتها عند الترددات المتوسطة اقل كثيرا من مقاومة حمل الانود R_a ، على ان تصبح كبيرة بالنسبة الى المقاومة R_F عند الترددات السفلى .

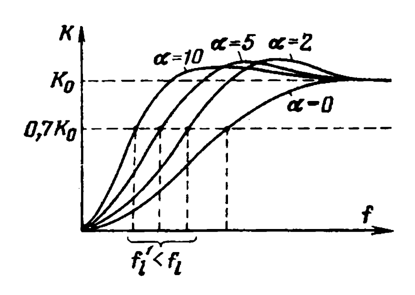
ويبين الشكل ٩ ـ ٨ ـ ب الدائرة المكافئة للمكبر عند الترددات المتوسطة . وفى هذه الحالة يفرع المكثف C_F المقاومة R_F الى الارض، فيبقى انود الصمام محملا بالمقاومة R_a فقط .

ويبين الشكل (ج) الدائرة المكافئة فى حالة الترددات السفلى . فعند هذه الترددات تزداد معاوقة المكثف C_F، ومن ثم تزداد معاوقة الحمل التى تتألف فى هذه الحالة من المقاومتين R_F ، R_a معا . وتؤدى زيادة معاوقة الحمل الى زيادة الكسب ، مما يعوض هبوط الجهد على المكثف القارن C_c .



الشكل ٩ ـ ٨ . مكبر صورى معادل عند الترددات السفلى : أ ـ الرسم التخطيطى لدائرة المكبر ؛ ب ـ الدائرة المكافئة لدى الترددات المتوسطة ؛ جـ ـ الدائرة المكافئة لدى الترددات السفلى

وكما يبين الشكل ٩ ــ ٩ يترتب على وجود المرشح R_FC_F ان تنزاح الاستجابة الترددية فى منطقة الترددات السفلى الى اليسار ، فينخفض حدها السفلى f_l . وتعتمد درجة تصحيح (معادلة) الاستجابة الترددية على المعامل $\alpha = \frac{R_F}{R_a}$. وتؤدي زيادة هذا المعامل ، كما موضح فى الشكل ٩ ــ ١٠ ، الى ارتفاع الاستجابة عند الترددات السفلى . ولكن زيادة معامل التصحيح تؤدى الى زيادة هبوط الجهد على المقاومة R_F ، مما يتطلب رفع جهد منبع الانود E_a .



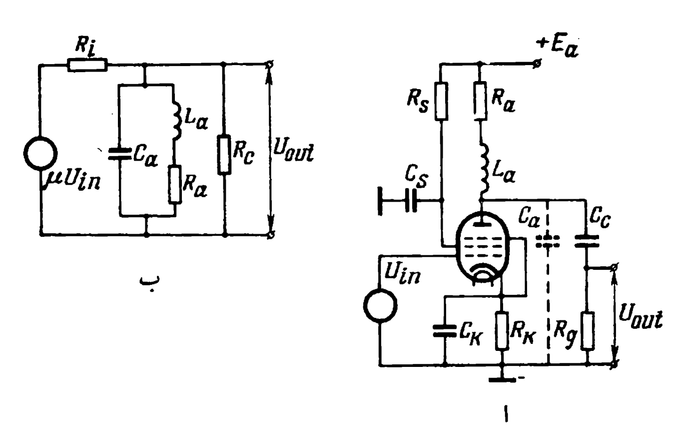
الشكل ٩ ــ ٩ . الاستجابات الترددية لمكبر صورى معادل عند الترددات السفلى

وتتحدد القيمة المثلى للمقاومة R_F والسعة C_F من شرط تساوى الثابتين الزمنيين C_FR_a ، C_cR_g ، ومن العلاقة :

$$f_l = \frac{1}{2\,\pi C_F R_F} = \frac{R_a}{2\,\pi C_c R_g R_F} \qquad (9.7)$$

البند ٩ ــ ٩ معادلة استجابة المكبر الصورى عند الترددات العليا

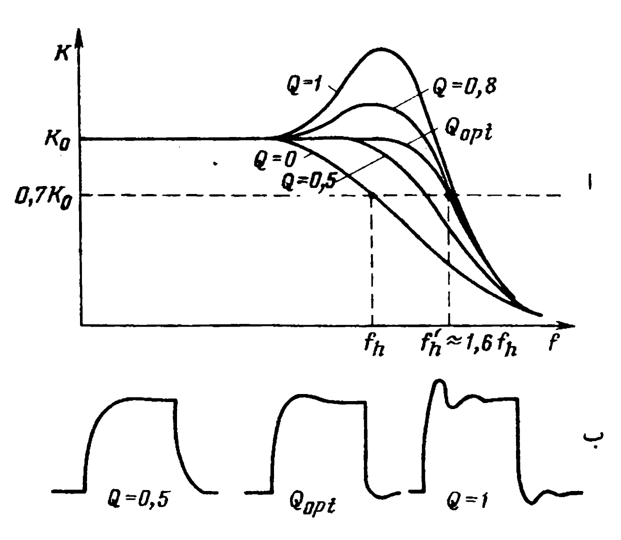
١) معادلة المكبر بدائرة تواز : يبين الشكل ٩ ــ ١٠ دائرة مرحلة تكبير مصححة (معادلة) بواسطة ملف موصل على التوالى مع مقاومة حمل الانود R_a . وتختار قيمة محاثة الملف L_a عادة عدة ميكروهنرى او عشرات الميكروهنرى ، بحيث يمكن اهمال مفاعلته عند الترددات المتوسطة والسفلى . وتزداد مفاعلة الملف كلما ارتفع التردد ، وتصبح كبيرة نسبيا عند الترددات العليا . ويشكل الملف L_a مع مقاومة الحمل R_a والسعة الطفيلية C_a دائرة تواز ، عامل جودتها Q منخفض القيمة (لأن قيمة R_a منخفضة نسبيا) . ويختار تردد رنين هذه الدائرة بقرب حد قطع الترددات العليا f_h فى المكبر غير المعادل . وعند التردد f_h تنخفض معاوقة حمل المكبر غير المعادل الى $|Z_a| = \frac{R_a}{\sqrt{2}}$ ، فيصبح كسبه مساويا $0.7\,K_0$. وفى حالة المكبر المعادل



الشكل ٩ — ١٠ . مكبر صورى معادل عند الترددات العليا (أ) والدائرة المكافئة له (ب)

على التوازى يحدث فى دائرة التوازى رنين يجعل معاوقة هذه الدائرة عظمى . وبهذا ترتفع استجابة المكبر عند تردد الرنين ، فينزاح تردد القطع الاعلى الى اليمين ، كما مبين فى الشكل ٩ — ١١ .

ويتضح من هذا الشكل انه اذا زاد عامل الجودة Q عن الواحد ، فان عرض النطاق لا يزداد تقريبا مع Q . ولكن اذا كان Q مساويا الواحد



الشكل ٩ — ١١ . الاستجابات الترددية لمكبر صورى معادل عند الترددات العليا والاشكال الموجية للنبضات الخارجة منه من أجل قيم مختلفة لجودة دائرة المعادلة (ملف الذروة)

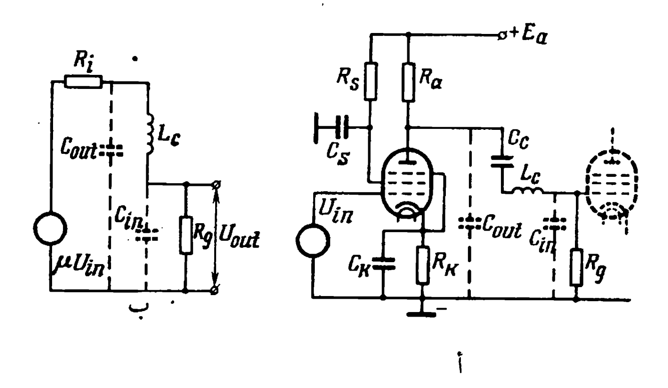
تقريبا او اكثر ، فان قمة كل نبضة يكبرها المكبر تتشوه نتيجة للاستثارة الصدمية (النبضية) لدائرة التوازى فى لحظة ظهور النبضة ، مما يؤدى الى نشوء ذبذبات متضائلة (« دق ») فى هذه الدائرة .

وتبين التجربة ان القيمة المثلى لعامل الجودة Q_{opt} تتراوح بين ٠,٥ و ٠,٧ . ويزداد عرض النطاق فى هذه الحالة بنسبة ١,٤ — ١,٨ .

وطالما ان $Q = \frac{\sqrt{L_a/C_a}}{R_a}$ ، فان $L_a = Q^2 R^2_a C_a$. واذا اخترنا $Q = 0.6$ ، فان $L_a = 0.36 \cdot R_c^2 \cdot C_a$.

ويتم ضبط محاثة « ملف الذروة » L_a عمليا ، بحيث يعطى ذروة ضئيلة لاستجابة المكبر عند الترددات العليا .

٢) معادلة المكبر بدائرة توال : يبين الشكل ٩ — ١٢ دائرة مرحلة تكبير تتم معادلتها بواسطة ملف موصل على التوالى بدائرة الخرج .



الشكل ٩ — ١٢. مكبر صورى معادل عند الترددات العليا بواسطة دائرة توال (أ) والدائرة المكافئة له (ب)

وفى هذه الحالة يجزى « ملف الذروة » L_a سعة الحمل C_a الى جزئين ، هما سعة الخرج C_{out} وسعة الدخل C_{in} . وطالما ان هاتين السعتين تتصلان بالملف على التوالى ، فان سعتهما المكافئة تصبحان اقل من كل منهما ، اذ تساوى :

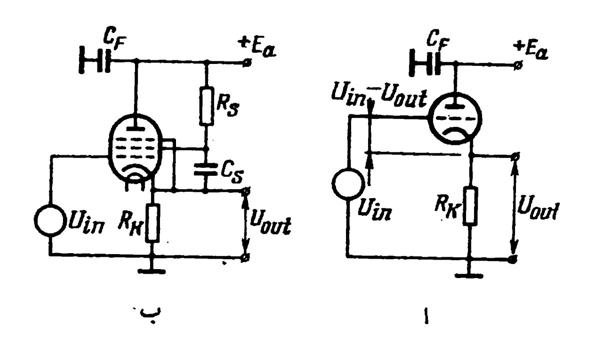
$$C_{eq} = \frac{C_{out} C_{in}}{C_{out} + C_{in}}$$

ويحدث فى الدائرة رنينان : رنين دائرة التوازى L_aC_{eq} ، ورنين دائرة التوالى L_aC_{in} . وحيث ان $C_{eq} < C_{in}$ ، فان تردد رنين التوازى اعلى من تردد رنين التوالى . وتختار قيمة المحاثة L_a ، بحيث يستفاد من كل الرنينين لمعادلة الاستجابة الترددية فى منطقة الترددات العليا .

وفى الحالة المثلى $\frac{C_{in}}{C_{out}} = 2$ يمكن الحصول بواسطة ملف التوالى على عرض نطاق اكبر مرة ونصف مما هو فى حالة ملف التوازى . واذا استخدم ملف توال وملف تواز فى نفس الوقت ، يصبح عرض النطاق اكبر بنسبة ١,٨ مما هو فى حالة ملف التوازى .

البند ٩ ـ ١٠ المكبر المقرن من الكاثود (التابع الكاثودى)

تتميز الدائرة المبينة فى الشكل ٩ ـ ١٣ بأن الانود متصل بالارض بالنسبة الى التيار المتردد (عن طريق المكثف C_F) ، ولذلك تسمى دائرة



الشكل ٩ ـ ١٣ . التابع الكاثودى الثلاثى (أ) والخماسى (ب)

ذات انود مشترك . وتتضمن هذه الدائرة تغذية خلفية سالبة بنسبة $\beta = 1$ ، اذ ان فلطية الخرج U_{out} هى نفسها فلطية التغذية الخلفية السالبة .

وتسمى هذه الدائرة بالتابع الكاثودى ، لأن طور فلطية الخرج يتبع (يكرر) طور فلطية الدخل . غير ان فلطية الخرج اقل دائما من فلطية الدخل ، فلىس التابع الكاثودى بمكبر للفلطية ، وانما هو مكبر للتيار والقدرة .

ويتحدد كسب التابع الكاثودى (نسبة تحويل الفلطية) بالعلاقة :

$$K = \frac{SR_K}{1 + SR_K}$$

ويمتاز التابع الكاثودى بأن معاوقة دخله اكبر كثيرا من معاوقة دخل المكبر العادى . ويفسر هذا بأن تيار دخل التابع الكاثودى قليل القيمة ، والفلطية بين الشبكة والكاثود اقل كثيرا من فلطية الدخل ($U_{gk} = U_{in} - U_{out}$) ، بحيث تكون نسبة فلطية الدخل الى تيار الدخل (اى معاوقة الدخل) كبيرة جدا .

ولا تدل زيادة معاوقة الدخل على زيادة مقاومة الدخل R_{in} فحسب ، بل تدل ايضا على زيادة مفاعلة الدخل X_{in} . وطالما ان $X_{in} = \frac{1}{2\pi f C_{in}}$ ، فمعنى ذلك ان سعة الدخل C_{in} تقل كثيرا .

وتؤدى زيادة معاوقة دخل التابع الكاثودى الى اضعاف تأثيره على عمل مصدر الاشارة او مرحلة التكبير السابقة .

اما اكثر خواص التابع الكاثودى فائدة ، فهو ان مقاومة خرجه صغيرة جدا ، اذ تساوى :

$$R_{out} \approx \frac{1}{S} \tag{9.9}$$

وتعمل التوابع الكاثودية عادة بصمامات خماسية ذات مواصلة تبادلية كبيرة تبلغ عشرات الملى امبير للفولط ، بحيث تكون مقاومة الخرج بضع عشرات الاوم .

وطالما ان معاوقة خرج التابع الكاثودى اقل كثيرا من معاوقة دخله ، فمن الممكن استخدامه كمحول للمعاوقات ، للتوفيق بين حمل صغير المعاوقة (الكابل المحورى مثلا) ومصدر اشارة ذى معاوقة داخلية عالية .

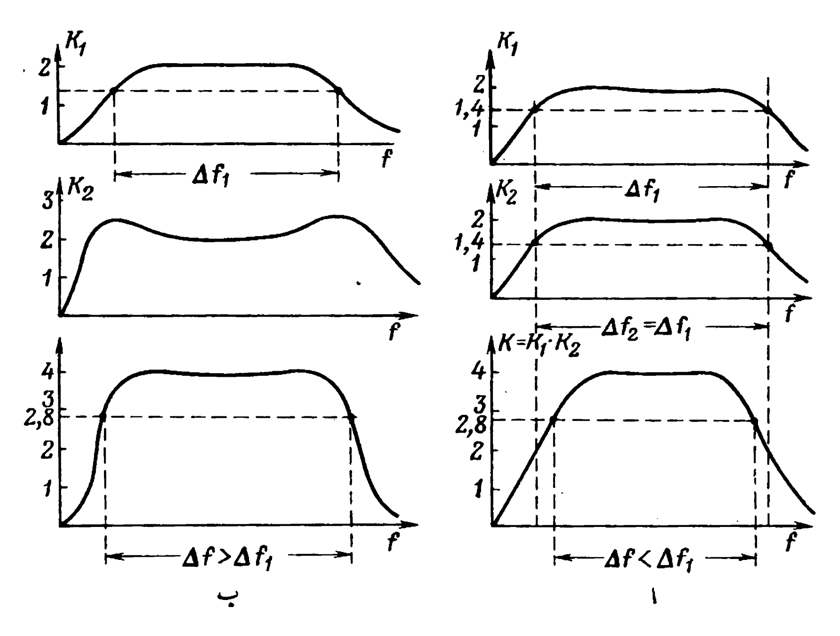
وينجم عن صغر معاوقة خرج التابع الكاثودى ان يكون قليل التأثير بسعة الحمل ، بحيث تكون استجابته الترددية محدودة من طرف الترددات العليا بتردد قطع اعلى كثيرا مما هو فى حالة المكبر العادى .

ونظرا لأن خرج التابع الكاتودى يؤخذ من نقطة منخفضة الجهد ، فمن الممكن قرنه مباشرة بدون مكثف ، للتخلص من هبوط الاستجابة الترددية عند الترددات السفلى .

ويكفل وجود التغذية الخلفية السالبة الشديدة ان تكون التشوهات اللاخطية قليلة القيمة ، كما يكفل استقرارا جيدا لكسب التيار (القدرة) .

البند ٩ ـ ١١ المكبر الصورى المتعدد المراحل

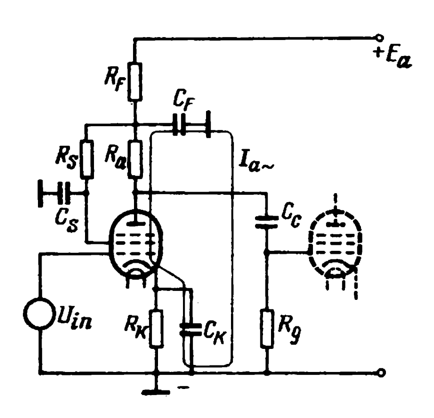
ان مرحلة التكبير العريضة النطاق تعطى كسبا صغيرا نسبيا (حوالى ١٠) ولذلك يتم الحصول على الكسب الضرورى لتكبير الاشارات الضعيفة باستخدام مكبرات متعددة المراحل . وعند تصميم مثل هذه المكبرات ، تبرز صعوبات عديدة ، اذ ان عرض نطاق المكبر المتعدد المراحل اقل من عرض نطاق كل مرحلة (الشكل ٩ ـ ١٤ ـ أ) ، كما ان من المحتمل



الشكل ٩ ـ ١٤. الاستجابات الترددية لمكبر صورى مؤلف من مرحلتين : أ ـ فى حالة تماثل استجابتى المرحلتين ؛ ب ـ فى حالة رفع ذروة استجابة احدى المرحلتين (حالة التصحيح المتبادل)

حدوث استثارة ذاتية فى المكبر نتيجة لوجود تغذية خلفية موجبة طفيلية بين مراحله .

ويمكن الحصول على عرض النطاق الضرورى للمكبر المتعدد المراحل بواسطة التصحيح المتبادل للاستجابات الترددية لمراحله . فاذا كان المكبر مؤلفا مثلا من مرحلتين (الشكل ٩ ـ ١٤ ـ ب) استجابة احداهما (المرحلة الثانية) ذات ذروتين عند الترددات العليا والسفلى ، فان الاستجابة الكلية للمكبر تكون اعرض نطاقا من استجابة المرحلة الاخرى (المرحلة الاولى) .



الشكل ٩ ـ ١٥ . مكبر صورى ذو مرشح لفك التقارن هى دائرة الانود

ويتم تحسين استقرار عمل المكبر المتعدد المراحل ، كما يستبعد احتمال ظهور تغذية خلفية بين مراحله بواسطة مرشحات خاصة لفك التقارن ، كما مبين فى الشكل ٩ ـ ١٥ . فبواسطة مكثف فك تقارن دائرة الانود ومكثف « تمرير » الشبكة الحاجبة ، تمر مركبات التيار المتردد الى « الارض » بدون ان تتسرب عن طريق منبع القدرة الى مراحل اخرى . وتفيد مرشحات فك التقارن ايضا فى تسوية (ترشيح) جهد منبع القدرة ومعادلة الترددات السفلى .

البند ٩ ـ ١٢ المكبرات الصورية الترانزستورية

ان خصوصيات المكبرات الترانزستورية تنجم عن خواص الترانزستور . فتيار قاعدة الترانزستور كبير جدا (٠,٠١ ـ ٠,١ من تيار المجمع) ، ومقاومة دخله اقل كثيرا من مقاومة دخل الصمام . ولذلك يؤثر دخل مرحلة التكبير المستخدمة للترانزستور تأثيرا كبيرا على المرحلة السابقة لها . فينبغى عند تصميم المكبرات الترانزستورية المتعددة المراحل حل مسائل التوفيق

بين كل مرحلتين متعاقبتين ، بحيث يتم اضعاف تأثير تفريع التيار لدخل كل منها .

وتعتمد بارامترات الترانزستور (قيمه المميزة) لدرجة ملحوظة على درجة الحرارة . فعند ارتفاع درجة حرارة غلاف الترانزستور بمقدار ١٠° ، يزداد تيار المجمع مرتين . ويفسر هذا بأن مقاومة الوصلة $p-n$ تتغير بشدة عند تغير درجة حرارتها .

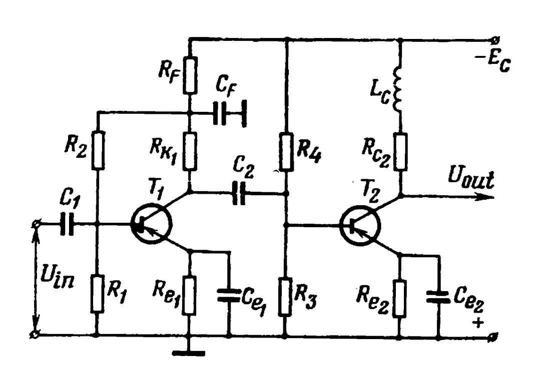
ويتأثر تصرف الترانزستور عند الترددات العالية نسبيا بسعاته الداخلية .

وتتم معادلة الاستجابة الترددية للمكبرات الترانزستورية بطرائق مشابهة لتلك التى تستخدم فى المكبرات الصمامية :

١) تتم معادلة الاستجابة الترددية للترددات السفلى بواسطة مرشح فك التقارن (الشكل ٩ — ١٦) ؛

٢) يستخدم لمعادلة الاستجابة عند الترددات العليا « ملف ذروة » يوصل بدائرة المجمع ؛

٣) وتستخدم لمعادلة الاستجابة عند الترددات العليا ايضا دائرة تغذية خلفية سالبة تتألف من مقاومة ومكثف موصلين على التوازى بدائرة الباعث .



الشكل ٩ — ١٦ . مكبر صورى ترانزستورى مؤلف من مرحلتين ، معادل عند الترددات السفلى والعليا

ولا يمكن استخدام « ملف الذروة » لمعادلة الترددات العليا ، الا فى مراحل التكبير المحملة بمقاومة مرتفعة ، كما فى مرحلة خرج المكبر الصورى الحافز لالكترود تحكم انبوب الصورة .

واذا كانت مرحلة التكبير محملة بمقاومة منخفضة نسبيا ، كمقاومة دخل مرحلة تكبير اخرى ، فان تصحيح الاستجابة للترددات العليا يتم بواسطة دائرة تتألف من مقاومة الباعث (R_{e1} مثلا) ومكثف التمرير (C_{e1}) الذى يوصل

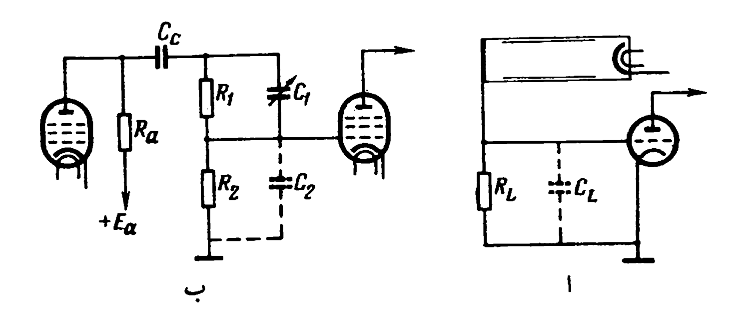
معها على التوازى . ويسبب وجود مقاومة الباعث تغذية خلفية سالبة تقلل من الكسب عند الترددات المنخفضة نسبيا . وتختار سعة مكثف التمرير صغيرة ، بحيث يقل تأثير التغذية الخلفية السالبة عند الترددات العليا فقط ، وبذلك يتم رفع الاستجابة عند هذه الترددات .

ومن الخصائص الهامة لدوائر التكبير بالترانزستورات استخدام مكثفات قارنة كبيرة السعة (٥ ـ ١٥ ميكروفاراد او اكثر) . ويفسر هذا بأن المكبر الترانزستورى ذو مقاومة دخل منخفضة ، فينبغى قرنه بمكثف كبير السعة للحصول على الثابت الزمنى الضرورى لدائرة التقارن . وتستخدم لذلك مكثفات الكتروليتية (كيميائية) ، طالما ان تيار التسرب فى مثل هذه المكثفات ليس ذا اهمية فى دوائر التكبير بالترانزستورات ، لأن تيار قاعدة الترانزستور كبير نسبيا (بينما تعمل المكبرات الصمامية عادة بدون تيارات الشبكات الحاكمة ، فلا تسمح بالتقارن بمكثفات الكتروليتية) .

البند ٩ ـ ١٣ المكبرات الصورية المتقدمة

ان مراحل التكبير المتقدمة (الاولية) التى تتبع انبوب التصوير التلفزيونى مباشرة هى من اهم عناصر المنظومة التلفزيونية ، لأن مستوى الاشارة الصورية التى تكبرها يقارب مستوى الضوضاء العشوائية (راجع البند ٣ ـ ٣) . وتتحدد الضوضاء العشوائية للمكبر المتقدم اساسا بضوضاء مقاومة حمل انبوب التصوير وضوضاء صمام مرحلة التكبير الاولى .

وكما سبق ان بينا فى الفصل الثالث يتم اضعاف تأثير الضوضاء التى تولدها مقاومة حمل انبوب التصوير (R_L) بزيادة قيمة هذه المقاومة . ولكن زيادتها تؤدي الى زيادة تأثير سعة دخل المكبر المتقدم (C_L) ، مما يضعف الترددات العليا للاشارة . ويمكن تعويض ذلك برفع استجابة المكبر المتقدم عند الترددات العليا ، بواسطة الدائرة ($R_1C_1R_2C_2$) المبينة فى الشكل ٩ ـ ١٧ (ب) على سبيل المثال . فعند الترددات المنخفضة تنقسم فلطية خرج الصمام الاول بنسبة المقاومتين R_1 ، R_2 ، وعند الترددات العليا ، تقل

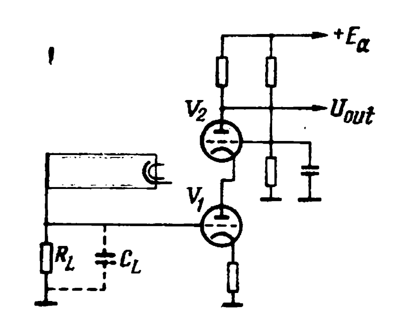


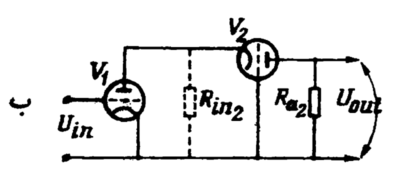
الشكل ٩ — ١٧ . دائرة دخل المكبر الصورى المتقدم (أ) ودائرة تصحيح الاستجابة الترددية (رفع الذروة) (ب)

مفاعلة المكثف C_1 ، فيقل هبوط الفلطية على R_1C_1 ، ومن ثم تزداد فلطية دخل الصمام الثانى . ولكى يتم تعويض تأثير سعة حمل انبوب التصوير (C_L) ، ينبغى ان يتحقق الشرط $R_1C_1 = R_LC_L$. وتضبط « ذروة » استجابة المكبر المتقدمة بدقة بواسطة المكثف المتغير C_1 .

ومن المفضل لاضعاف تأثير ضوضاء المكبر المتقدم ان يستخدم فى مرحلته الاولى صمام ثلاثى .

ولكن الصمام الثلاثى فى حالة « تأريض الكاثود » يميل الى الاستثارة الذاتية (نتيجة لكبر السعة بين الانود والشبكة) ، بينما يكون فى حالة « تأريض الشبكة » ذا مقاومة دخل منخفضة جدا . ولذلك تستخدم فى المكبرات المتقدمة على نطاق واسع « دائرة الكاسكود » التى تعمل باستقرار وتعطى ادنى مستوى من الضوضاء .





الشكل ٩ — ١٨ . الدائرة الكاسكودية للمكبر الصورى المتقدم (أ) والدائرة المكافئة لها بالنسبة للتيار المتردد (ب)

ويتألف المكبر الكاسكودى (الشكل ٩ ــ ١٨) من صمامين ثلاثيين ، او لهما ذو كاثود مؤرض ، وثانيهما ذو شبكة مؤرضة . وتعطى مرحلة التكبير ذات الكاثود المؤرض كسبا للفلطية قليل القيمة (يقارب الواحد) ، لأنها محملة بالمقاومة المنخفضة لدخل المرحلة ذات الشبكة المؤرضة . وتستخدم المرحلة ذات الكاثود المؤرض لتلافى تأثير دخل المرحلة ذات الشبكة المؤرضة على المقاومة المرتفعة لحمل انبوب التصوير . ويحدث تكبير الاشارة اساسا فى المرحلة الثانية ، ذات الشبكة المؤرضة ، وهى تعطى كسبا مستقرا . اما الكسب الكلى للمكبر الكاسكودى ، فهو يساوى حاصل ضرب المواصلة التبادلية للصمام الاول فى مقاومة حمل الثانى $K = S_1 R_{L2}$.

وبهذا يكون المكبر الكاسكودى مكافئا فى الكسب للمكبر الذى يعمل بصمام خماسى ذى مواصلة تبادلية مماثلة . ولكن المكبر الكاسكودى افضل كثيرا من المكبر الصمامى الخماسى من حيث الضوضاء .

البند ٩ ــ ١٤ تصحيح التشوهات اللاخطية (تصحيح غاما المنحنى التحويلى)

ان المنحنى التحويلى للمنظومة التلفزيونية هو المنحنى الذى يمثل العلاقة بين نصوع الصورة التلفزيونية على شاشة جهاز الاستقبال ونصوع الشئ المتلفز $B' = f(B)$.

ويتوقف شكل هذا المنحنى المميز لعملية التحويل « من ضوء الى ضوء » على شكل المنحنى التحويلى لكل من انبوب التصوير وقناة الارسال وانبوب الصورة .

ومن الممكن عمليا جعل المنحنى التحويلى لقناة الارسال خطيا تقريبا . وفى هذه الحالة يتحدد شكل المنحنى التحويلى للمنظومة التلفزيونية اساسا بخواص انبوب التصوير (تحويل الضوء الى اشارة) وانبوب الصورة (تحويل الاشارة الى ضوء) .

ويمكن بدقة كافية تمثيل المنحنى التحويلى لكل من انبوب التصوير وانبوب الصورة بدالة اسية ، يسمى اسها الغاما (γ) . وتكون قيمة الغاما لانابيب التصوير عادة اقل من الواحد (حوالى ٠,٥ ــ ٠,٨) ، بينما هى فى حالة انابيب الصورة اكبر من الواحد (الشكل ٩ ــ ١٩) .

واذا كانت الغاما الكلية للمنظومة التلفزيونية تساوى الواحد (الخط 1 فى الشكل ٩ ـ ١٩ ـ ج)، فان نسب نصوعات عناصر الصورة تساوى تماما نسب نصوعات عناصر الشيء المتلفز .

اما اذا كانت الغاما الكلية اقل من الواحد (المنحنى 2) ، فان العناصر السوداء (س) فى الشيء المتلفز تصبح فى الصورة رمادية (ر′) ، بينما يعاد انتاج العناصر الرمادية (ر) كعناصر بيضاء (ب′) ، ومن ثم تكون الصورة باهتة قليلة التباين .

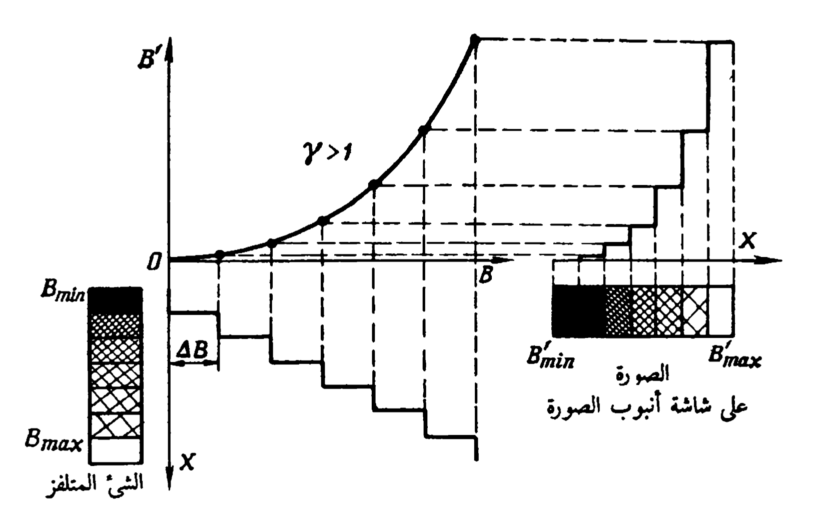
وعندما تكون الغاما الكلية اكبر من الواحد (المنحنى 3) ، تنتج ايضا تشوهات لاخطية . ولكن العناصر السوداء (س) والرمادية (ر) فى الشيء المتلفز تناظر على الشاشة عندئذ عناصر سوداء (س′) فقط ، فتصبح الصورة اكثر تباينا وحدة . ولهذا تضبط المنظومة التلفزيونية « السوداء والبيضاء » عادة ، بحيث تكون $\gamma > 1$.

الشكل ٩ ـ ١٩ . المنحنيات التحويلية الضوئية لانبوب التصوير (أ) وأنبوب الصورة (ب) والمنظومة التلفزيونية « من الضوء الى الضوء » من أجل قيم مختلفة لـ (ج)

واذا كانت الغاما اكبر كثيرا من الواحد (المنحنى 4) ، فان الصورة الناتجة على شاشة انبوب الصورة تكون قاتمة وكئيبة وغير واضحة المعالم .

وتؤدى لاخطية المنحنى التحويلى فى حالة التلفزيون الملون الى تشويه صبغات (نقبات) الالوان . فيجب ان تكون الغاما فى هذه الحالة مساوية للواحد .

ويبين الشكل ٩ ـ ٢٠ تأثير لاخطية المنحنى التحويلى للمنظومة التلفزيونية (عندما $\gamma > 1$) على اعادة انتاج اشرطة متتالية متدرجة النصوع ، تشكل ما



الشكل ٩ ــ ٢٠. تشوه تدرجات النصوع فى حالة عدم خطية المنحنى التحويلى للمنظومة التلفزيونية

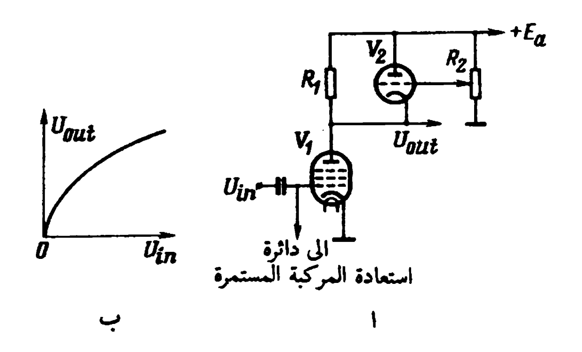
يسمى بمقياس او سلم الرماديات. ويتضح من الشكل ان لاخطية المنحنى التحويلى تؤدى الى اختلاف مقدار تغير (تدرج) نصوع الاشرطة المتجاورة على شاشة انبوب الصورة (ويصبح تدرج الاجزاء القاتمة اقل من تدرج الاجزاء الناصعة).

ويتم الحصول على القيمة اللازمة لغاما المنظومة التلفزيونية باستخدام مصحح الغاما الذى هو عبارة عن مكبر ذى منحنى تحويلى متغير الشكل. وكما يبين الشكل ٩ ــ ٢١ يمكن اختيار شكل المنحنى التحويلى لمصحح الغاما، بحيث تتم استعادة الشكل الموجى الصحيح لاشارة «سلم الرماديات» (فتصبح «درجات السلم» فى خرج مصحح الغاما متساوية القيمة).

الشكل ٩ ــ ٢١ . مبدأ عمل مصحح الغاما

وثمة دوائر مختلفة لمصححات الغاما. وسنتأمل على سبيل المثال دائرة تصحيح الغاما بواسطة حمل انودى غيرخطى (الشكل ٩ ــ ٢٢). ويتألف

حمل صمام التكبير فى هذه الدائرة من مقاومة عادية R_1 وصمام ثلاثى V_2 كمقاومة غير خطية . وتتوقف مقاومة الصمام V_2 للتيار المستمر على فرق الجهد بين شبكته وكاثوده ، فتتحدد بوضع ذراع مجزئ الجهد R_2 وجهد انود الصمام V_1 . واذا سلطنا الاشارة على دخل الصمام V_1 ، فان جهد انوده سيتغير ، وسيتغير معه فرق الجهد بين شبكة الصمام V_2 وكاثوده . فعندما يزداد جهد شبكة الصمام



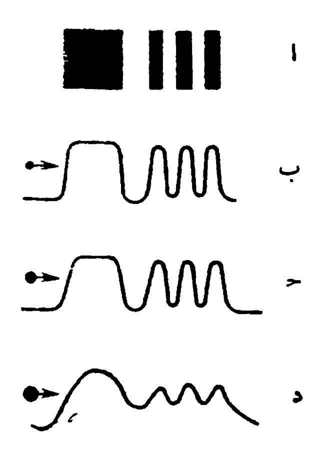
الشكل ٩ — ٢٢ . الدائرة المبسطة لمصحح الغاما (أ) وشكل منحنيه التحويلى (ب)

V_1 ، ينخفض جهد انوده ، فيزداد الجهد الموجب لشبكة الصمام V_2 بالنسبة الى كاثوده ، وتقل مقاومته للتيار المستمر ، ومن ثم تقل المقاومة الكلية لحمل الصمام V_1 ، فينخفض كسبه . وهكذا تتميز الدائرة بمنحنى تحويلى غير خطى (الشكل ٩ — ٢٢ — ب) ويمكن ضبط اللاخطية بواسطة مجزئ الجهد R_2 . وتتصف الدائرة بعيب هو ان اتساع اشارة الخرج يتغير عند ضبط شكل المنحنى التحويلى .

البند ٩ — ١٥ تصحيح التشوه الناجم عن النقطة الماسحة (تصحيح « الفتحة »)

ان المقصود بالنقطة الماسحة او « فتحة » المسح هو مقطع الحزمة الالكترونية الماسحة فى انبوب التصوير او انبوب الصورة . ويؤدى كبر ابعاد « الفتحة » الى تشويه خاص للاشارة الصورية يسمى تشويه « الفتحة » او التشويه الناجم عن النقطة الماسحة .

لنفترض ان الصورة المتلفزة عبارة عن عدة اشرطة رأسية مختلفة العرض (الشكل ٩ — ٢٣) . فاذا كانت فتحة المسح فى أنبوب التصوير صغيرة بالمقارنة مع عرض كل شريط ، فان حافات نبضات الاشارة الصورية التى ينتجها انبوب التصوير تكون حادة لدرجة كافية (الشكل ب) . واذا زدنا مقاس « الفتحة » ، فان النبضات تتشوه (الشكل جـ) ، وتصبح حافاتها اقل حدة . خاصة فى حالة تساوى قطر الفتحة وعرض الشريط ، اذ تصير النبضات جيبية الشكل . واذا تابعنا زيادة مقاس الفتحة (الشكل د) ، فان مستوى النبضات الناتجة عن الاشرطة الضيقة يقل كثيرا ، وقد يقارب مستوى الضوضاء .

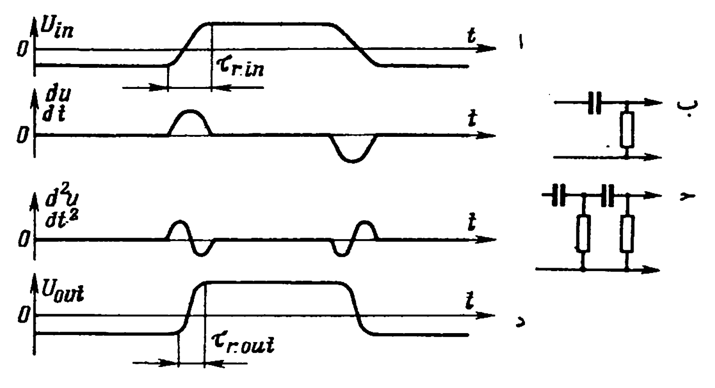


الشكل ٩ — ٢٣ . التشوهات الناجمة عن النقطة الماسحة (« الفتحة ») : أ — الصورة الأصلية (المرسلة) ؛ ب — الشكل الموجى للاشارة عندما تكون الفتحة (النقطة الماسحة) أصغر بكثير من عرض تفاصيل الصورة الجارى ارسالها ؛ جـ — الشكل الموجى للاشارة عندما **يكون** مقاس الفتحة من رتبة عرض تفاصيل الصورة الجارى ارسالها ؛ د — الشكل الموجى للاشارة عندما يكون مقاس الفتحة اكبر من عرض تفاصيل الصورة الجارى ارسالها

وهكذا نرى ان كبر الفتحة يسئ الى بيان تفاصيل الصورة وحدة حدودها ، كما يؤدى الى فقد او خفض تباين اجزائها الدقيقة .

ومما يميز التشوه الناجم عن الفتحة انه يماثل التشوه الذى يسببه مكبر صورى ذو استجابة ترددية منخفضة تدريجيا عند الترددات العليا وذو استجابة طور خطية (لأن تشويه « الفتحة » لا يؤدى الى انزياح فى الطور) . ويتحدد مقدار التشوه بنسبة مقاس الشاشة او لوح الهدف الى مقاس الفتحة ، ولذا نجده اكثر ملحوظية عند استعمال الفيديكون وغيره من انابيب التصوير المستخدمة للوح هدف صغير المقاس .

ويتم تصحيح التشوه الناجم عن الفتحة بواسطة دائرة خاصة تتميز باستجابة ترددية مرتفعة عند الترددات العليا واستجابة طورية خطية .



الشكل ٩ — ٢٤ . الطريقة التفاضلية لتصحيح « الفتحة » :

أ — الشكل الموجي الحقيقي للاشارة فى حالة وجود تشوهات « الفتحة » ؛ ب — الشكل الموجى للاشارة الخارجة من دائرة التفاضل (المشتق الاول للاشارة) ؛ ج — الشكل الموجى للاشارة الخارجة من دائرة التفاضل المزدوجة (المشتق الثانى للاشارة) ؛ د — الشكل الموجى للاشارة المصححة :

$$U_{out} = U_{in} + \left(\frac{d^2u}{dt^2} \right)$$

ويبين الشكل ٩ — ٢٤ طريقة تصحيح « الفتحة » التى اقترحها العالم السوفييتى براودى فى عام ١٩٥٢ . وتتلخص هذه الطريقة فى زيادة حدة حافات نبضات الاشارة باجراء تفاضل مزدوج لها للحصول على اشارة تضاف اليها بشكل مناسب .

الفصل العاشر

مولدات المسح التلفزيونى

البند ١٠ ــ ١ فكرة عامة عن مولدات المسح

تستخدم مولدات المسح للتحكم فى حركة الشعاع الالكترونى الذى يقرأ المعلومات من لوح هدف انبوب التصوير ، او الذى يرسم الهيكل الخطى على شاشة انبوب الصورة .

ولكى تتم تلفزة الصور على نحو صحيح ينبغى ان تحقق مولدات المسح تحريك شعاع انبوب الصورة بسرعة واحدة وطور واحد مع شعاع انبوب التصوير . ورغم ان قانون حركة الشعاعين يمكن ان يختار ايا كان ، نجد ان اغلب الانظمة التلفزيونية تستخدم الحركة المنتظمة افقيا (من اليسار الى اليمين) ورأسيا (من الاعلى الى الاسفل) .

وكما سبق ان بينا فى الفصل الرابع ، يتناسب مقدار انحراف الشعاع بالطريقة المغنطيسية الكهربائية تناسبا طرديا مع شدة التيار المّار فى ملفات الانحراف . فلكى يتحرك الشعاع على سطح الشاشة (لوح الهدف) حركة منتظمة (بسرعة ثابتة) ، ينبغى ان يتزايد التيار المار فى ملفات الانحراف تزايدا خطيا .

ولا تعار اهمية لقانون تغير التيار فى فترات الارتداد . وعندما يكون تيار الانحراف على شكل تيار المنشار ، يتأمن تساوى بيان الصورة ونصوعها فى كل نقاط الشاشة .

ومن اهم متطلبات مولدات المسح التلفزيونى :

١ ــ خطية (استقامة) تزايد التيار فى ملفات الانحراف * ؛

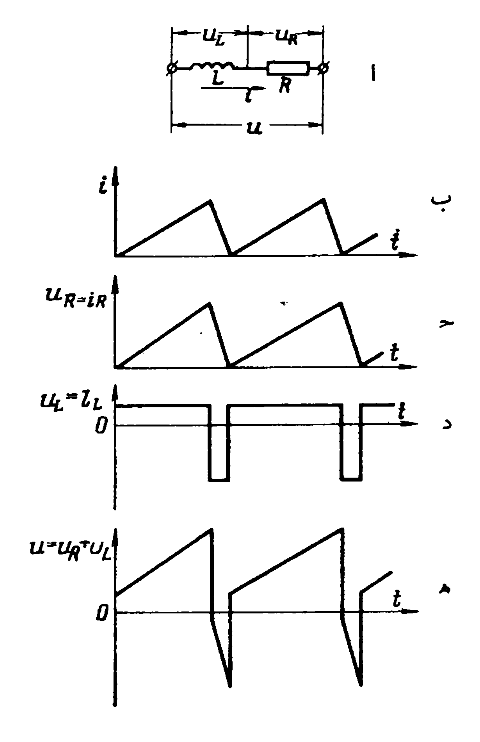
---

* غير انه اذا كان انبوب الصورة كبير الزاوية وذا شاشة مستوية نسبيا ، ينبغى ان يتغير التيار حسب قانون غير خطى اكثر تعقيدا .

٢ ـ تأمين الاتساع الضرورى للتيار المار فى ملفات الانحراف ؛
٣ ـ سهولة المزامنة ؛
٤ ـ سهولة واستقلال ضبط تردد واتساع تيار سن المنشار ؛
٥ ـ استقرار التردد والاتساع ؛
٦ ـ اقتصادية قصوى (فى استهلاك التيار) .

البند ١٠ ـ ٢ الشكل الموجى للفلطية المسلطة على ملفات الانحراف

ان ملف الانحراف ذا معاوقة تتألف من محاثة ومقاومة (الشكل ١٠ ـ ١ ـ أ) . فما هو الشكل الموجى للفلطية الواجب تسليطها على ملف الانحراف ، حتى يسرى فيه تيار سن المنشار ؟



الشكل ١٠ ـ ١ . الدائرة المكافئة لملف الانحراف والاشكال الموجية لفلطيات مختلف مكوناتها

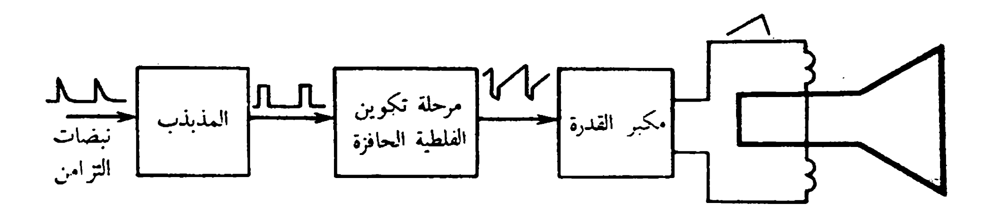
سنحل هذه المسألة حلا عكسيا : لنفترض ان التيار المار فى ملف الانحراف هو على شكل سن المنشار . وفى هذه الحالة تكون الفلطية الهابطة على مقاومة الملف على شكل سن المنشار ايضا . واذا كان التيار المار فى الملف يتزايد ويتناقص خطيا ، فان القوة الدافعة الكهربائية المستحثة فى محاثة الملف e_L ستكون ثابتة عند تزايد التيار او تناقصه . وعند انتهاء المسح الفعال وبداية الارتداد ينعكس اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة وتصبح سالبة . وطالما ان سرعة تغير التيار فى فترة الارتداد اكبر مما هى فى فترة المسح الفعال ،

نجد ان القوة الدافعة الكهربائية المستحثة فى تلك الفترة اكبر ايضا .
وتكون الفلطية الهابطة على الملف مساوية ومعاكسة بالعلامة للقوة الدافعة الكهربائية المستحثة فيه ($u_L = -e_L$) ، وهى مبينة بالشكل ١٠ — ١ — د .

وبذلك نستنتج انه لكى يكون التيار المار فى ملف الانحراف على شكل سن المنشار ينبغى ان تكون الفلطية المسلطة عليه عبارة عن فلطية سن منشار اضيفت اليها فلطية نبضية كما فى الشكل ١٠ — ١ — هـ .

البند ١٠ — ٣ الرسم التخطيطى لمراحل مولد المسح التلفزيونى

ان مولد المسح (الشكل ١٠ — ٢) يتالف فى الغالب من ثلاث مراحل ، هى : المذبذب الذى تتحكم فيه نبضات التزامن ، ودائرة تشكيل الفلطية الحافزة ، ومرحلة الخرج (مكبر القدرة) .



الشكل ١٠ — ٢ . رسم تخطيطى لمراحل مولد المسح التلفزيونى

ويستخدم فى مولد المسح عادة المذبذب المانع او المذبذب المتعدد غير المتماثل .

وتسلط نبضات المذبذب على دائرة تشكيل الفلطية الحافزة . وتقوم هذه الدائرة بتكوين فلطية على شكل موجة سن المنشار ذات المركبة النبضية .

ويتم تكبير الفلطية الحافزة بواسطة مكبر قدرة ، طالما ان ملفي الانحراف يستهلكان قدرة كبيرة نسبيا .

البند ١٠ ــ ٤ مذبذبات المسح

١) المذبذب المانع : ان المذبذب المانع عبارة عن مذبذب جيبى ذى تغذية خلفية كبيرة جدا يحصل عليها بواسطة محول او محول ذاتى .

ويبين الشكل ١٠ ــ ٣ الدائرة الاساسية للمذبذب المانع ، وفيها يتم الحصول على التغذية الخلفية الشديدة بواسطة محول ذى قلب حديدى . وتوصل نهايات ملفى المحول بالدائرة ، بحيث يؤدى الحث المتبادل بين ملفى المحول الى ان تكون فلطية شبكة الصمام موجبة عند تزايد تيار الانود ، وسالبة عند تناقصه .

لنتأمل العمليات الجارية فى الدائرة ابتداء من اللحظة التى يكون فيها المكثف C_c قد شحن بتيار شبكة الصمام ، وتيار الانود يساوى الصفر ، وجهد الانود يساوى E_a .

الشكل ١٠ ــ ٣ . دائرة المذبذب المانع والاشكال الموجية للفلطيات

وينبغى ان تكون قيمة المقاومة R_g عشرات او مئات الكيلواوم ، بحيث يكون الثابت الزمنى لدائرة تفريغ المكثف C_c كبيرا جدا (ويمكن اهمال المقاومة الفعالة للملف L_2 بالنسبة للمقاومة R_g) .

وعندما يجرى تفريغ المكثف C_c ، يرتفع جهد انحياز شبكة الصمام ، حتى اذا اصبح مساويا جهد القطع E_{g0} يبدأ الصمام بالتوصيل . ولكن تيار الانود يتزايد فى البداية ببطء شديد ، طالما ان نقطة تشغيل الصمام لا تزال على الجزء السفلى من المنحنى المميز للصمام . ولما كان تفريغ المكثف

C_c يحدث ببطء ، فان القوة الدافعة الكهربائية التى يستحثها تيار التفريغ فى الملف L_2 تكون عندئذ مهملة .

ويؤدى ارتفاع جهد شبكة الصمام الى ازدياد تيار الانود الذى يستحث فى الملف L_2 فلطية ترفع جهد الشبكة ، ومن ثم تزيد ايضا تيار الانود . وطالما ان مقدار التغذية الخلفية الموجبة كبير جدا ، فان عملية ازدياد تيار الانود تجرى اسرع فاسرع ، ومن ثم يرتفع جهد الشبكة وينخفض جهد الانود اكثر فأكثر .

وعندما يصبح جهد الشبكة موجبا ، يظهر تيار الشبكة ، فيستحث فى الملف L_2 قوة دافعة كهربائية تعيق ازدياد جهد الشبكة وتيار الانود . وبعد ظهور تيار الشبكة تبدأ اعادة شحن المكثف C_c ، كما تبدأ اعادة توزيع تيار الكاثود بين تيار الانود وتيار الشبكة . ويؤدى ذلك الى توقف جهد الشبكة وتيار الانود عن الازدياد . وينخفض جهد الشبكة ببطء شديد ، فيتناقص تيارا الانود والشبكة ببطء ايضا . وينجم عن تناقص تيار الشبكة ان يتبدل اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة فى الملف L_2 ، مما يعيق انخفاض جهد الشبكة .

وعندما يتناقص تيار الانود ، تنزاح نقطة تشغيل الصمام على المنحنى المميز لتيار الانود وجهد الشبكة فى الاتجاه العكسى حتى تصل الى الجزء الذى تكون فيه المواصلة التبادلية للصمام كبيرة القيمة ، فيبدأ تيار الانود بالانخفاض بسرعة ويستحث فى الملف L_2 قوة دافعة كهربائية تسلط على الشبكة كفلطية سالبة ، مما يعجل من هبوط تيار الانود . ونتيجة لذلك يصبح الصمام فى حالة القطع (اى حالة « المنع » ، ومن هنا جاء اسم المذبذب المانع) ، وتعود الدائرة الى حالتها الاصلية . وعند حدوث اعادة التوليد فى الدائرة (عندما تنعكس حالتها) يؤدى الهبوط السريع فى تيار الانود الى الاستثارة الصدمية للدائرة المؤلفة من الملف L_2 وسعته الموزعة . ويتم اخماد ذبذبات هذه الدائرة بواسطة مقاومة توصل على التوازى مع الملف . ويبقى من تلك الذبذبات نصف ذبذبة فقط .

ويتضح مما ذكر ان شحن المكثف C_c يجرى عن طريق المقاومة بين الشبكة والكاثود عندما يكون الصمام فى حالة التوصيل ، وهى مقاومة صغيرة نسبيا (حوالى ١٠٠٠ أوم) ، ولذلك يمكن ان يولد المذبذب المانع نبضات قصيرة الامد (امدها اجزاء من الميكروثانية) ، كبيرة القدرة ، على شكل موجة مستطيلة تقريبا ذات نسبة نبضات عالية جدا .

ويتحدد تردد المذبذب المانع اساسا بالسعة C_c والمقاومة R_g ، ويتوقف ايضا لدرجة معينة على بارامترات الصمام وفلطيات تشغيله (خاصة على فلطية القطع E_{go}) . ويتم التحكم فى تردد المذبذب « الطليق الحركة » عادة بالتحكم فى قيمة المقاومة R_g التى تختار عادة متغيرة .

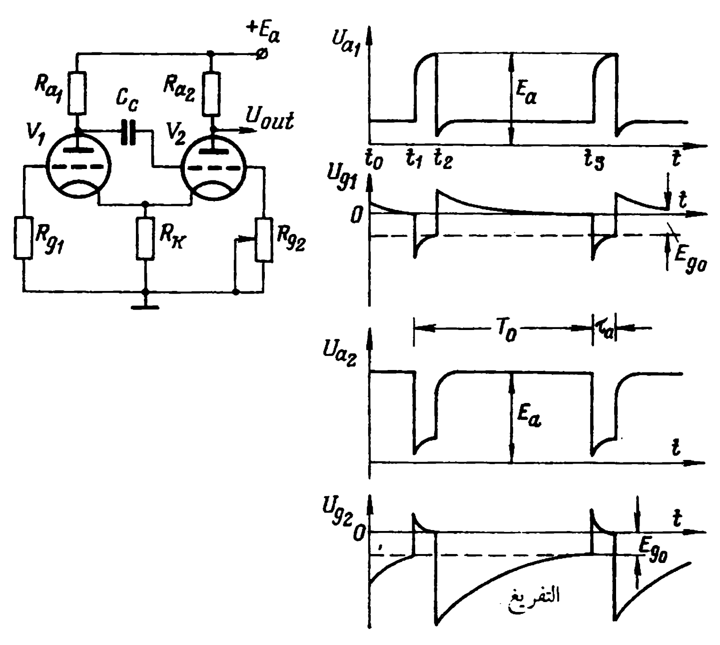
ويمكن ان يعطى المذبذب المانع كفلطية خرج : نبضات سالبة كبيرة الاتساع تتولد على الانود ، او نبضات موجبة تنتجها مقاومة صغيرة نوصلها بدائرة الكاثود ، او نبضات متناوبة القطبية نحصل عليها من ملف ثالث للمحول . ويمكن ايضا ان نأخذ النبضات الموجبة الصغيرة الاتساع من شبكة الصمام ، كما يمكن اخذ النبضات السالبة من مقاومة صغيرة نوصلها بدائرة الانود .

ومن اهم عناصر المذبذب المانع محول النبضات الذى ينبغى ان تكون سعاته ومحاثاته الشاردة ومفقودات قلبه صغيرة جدا ، لكى تكون نبضاته حادة الحافات ، كما ينبغى ان يكون العزل بين لفاته جيدا جدا لتفادى الانهيار الكهربائى .

ومما يتميز به محول المذبذب المانع المستخدم للمسح الافقى ان نسبة لفاته تساوى ٢ : ١ تقريبا ، وعدد لفاته عدة مئات ، بينما يتطلب المذبذب المانع الرأسى نسبة تحويل قدرها ١ : ٢ تقريبا ، ولفات عددها عدة الاف . وينجم الاختلاف فى تصميم محولى المذبذبين الافقى والرأسى عن اختلاف امد النبضة الذى ينبغى ان يساوى ٥ ــ ١٠ ميكروثانية فى المذبذب الافقى وحوالى ١ ملى ثانية (اى ١٠٠٠ ميكروثانية) فى المذبذب الرأسى .

ويعمل المذبذب المانع عادة بصمام ثلاثى .

٢) المذبذب المتعدد غير المتماثل ذو التقارن الكاثودى : تتألف الدائرة المبينة فى الشكل ١٠ — ٤ من صمامين مقرنين بالدائرة C_cR_g ، ومقرنين ايضا بالمقاومة الكاثودية المشتركة R_k .



الشكل ١٠ — ٤ . دائرة المذبذب المتعدد ذى التقارن الكاثودى والاشكال الموجية للفلطيات

لنفترض ان الصمام V_1 فى الحالة الاصلية يوصل ، بينما الصمام V_2 يقطع (وهذه الحالة تقابل فى الرسوم البيانية الفترة $t_1 - t_0$) . وعندئذ يحدث تفريغ المكثف C_c عن طريق الدائرة التى تشمل الصمام الموصل V_1 من انوده الى كاثوده ، فالمقاومة R_k ، والمقاومة R_{g2} . وتنتج على المقاومة R_{g2} بمرور تيار التفريغ فيها فلطية سالبة تجعل الصمام V_2 يقطع . ويقل تيار التفريغ تدريجيا ، فتقل الفلطية السالبة الناتجة على شبكة الصمام V_2 ، وبعد ان تبلغ القيمة E_{go} التى يبدأ عندها الصمام V_2 بالتوصيل ، يمر تيار هذا الصمام بالمقاومة R_k ، فتنتج عليها فلطية سالبة تجعل الصمام V_1 يبدأ بالقطع . وعندئذ يرتفع جهد انود الصمام V_1 ، وتبدأ اعادة شحن المكثف C_c بتيار يمر من شبكة الصمام الموصل V_2 الى كاثوده ، فالمقاومة R_k ، ثم منبع الانود E_a ، والمقاومة

R_{a1} . وينتج ذلك التيار على شبكة الصمام V_2 فلطية موجبة تزيد تيار انوده اكثر فاكثر . ويؤدى مرور تيار اعادة شحن المكثف C_c وتيار انود الصمام V_2 من خلال المقاومة R_k الى ان تصبح فلطية انحياز شبكة الصمام V_1 سالبة ، مما يجعل هذا الصمام فى حالة القطع . وتتم اعادة شحن المكثف C_c بسرعة كبيرة نسبيا ، طالما ان المقاومتين R_{a1} و R_k صغيرتا القيمة ، ومن ثم يقل تيار اعادة الشحن والجهد السالب لشبكة الصمام V_1 بسرعة كبيرة ايضا . وعندما يصبح جهد شبكة الصمام V_1 مساويا للجهد E_{g0} الذى يبدأ عنده بالتوصيل (فى اللحظة t_2) يزداد تياره بحدة ، بينما يصبح الصمام V_2 فى حالة القطع .

وبعد ذلك يبدأ شحن المكثف C_c ثانية (ويستمر حتى اللحظة t_3) . وطالما ان الثابت الزمنى لدائرة تفريغ المكثف C_c اكبر كثيرا من الثابت الزمنى لشحنه ، فان الفترة الفاصلة بين نبضات الخرج السالبة (المأخوذة من انود احد الصمامين) اكبر كثيرا من امد كل نبضة . ويتم ضبط تردد المذبذب المتعدد بتغيير قيمة المقاومة R_{g2} .

ويعمل المذبذب المتعدد عادة بصمام ثلاثى مزدوج .

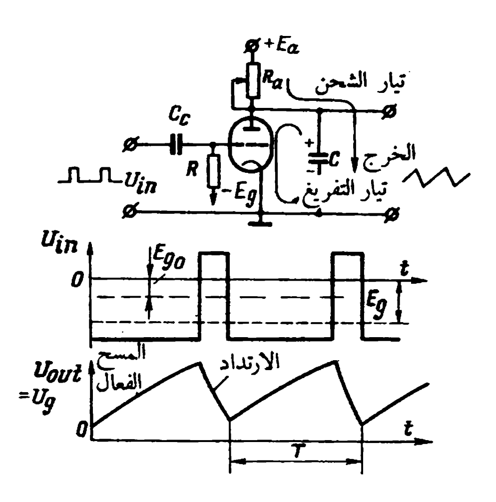
ومما يمتاز به المذبذب المتعدد انه لا يحتاج الى محول ، وتردده اكثر استقرارا من تردد المذبذب المانع .

البند ١٠ ــ ٥ دائرة تشكيل الفلطية الحافزة

١) تشكيل الفلطية المتزايدة خطيا : يتم المسح التلفزيونى بواسطة فلطية تتزايد خطيا فى فترات المسح الفعال .

ويبين الشكل ١٠ ــ ٥ دائرة لتشكيل مثل هذه الفلطية . وتختار فلطية الانحياز E_{g0} ، بحيث يكون الصمام فى حالة القطع فى الفترات الفاصلة بين النبضات . وفى هذه الفترات يجرى شحن المكثف C بتيار يمر فى الدائرة المؤلفة من منبع الانود E_a والمقاومة R_a والمكثف C . وعندما تصل احدى النبضات المستطيلة الى شبكة الصمام ، تجعله يوصل فى الفترة الفاصلة بين حافتيها الامامية والخلفية ، واثناء ذلك يفرغ المكثف C شحنته عن طريق

الصمام . وبعد الحافة الخلفية للنبضة يبدأ شحن المكثف C ثانية . ويجرى شحن المكثف C عن طريق المقاومة R_a فى فترة المسح الفعال ، بينما يجرى تفريغه عن طريق الصمام فى فترة الارتداد .



الشكل ١٠ — ٥ . دائرة تكوين الفلطية المتزايدة خطيا والاشكال الموجية للفلطيات

ومن المعروف ان شحن اى مكثف من مصدر تيار مستمر عن طريق مقاومة اومية يجرى حسب قانون اسى . ويمكن ان يعتبر المنحنى الاسى خطيا (مستقيما) تقريبا اذا استخدم جزء صغير منه فقط .

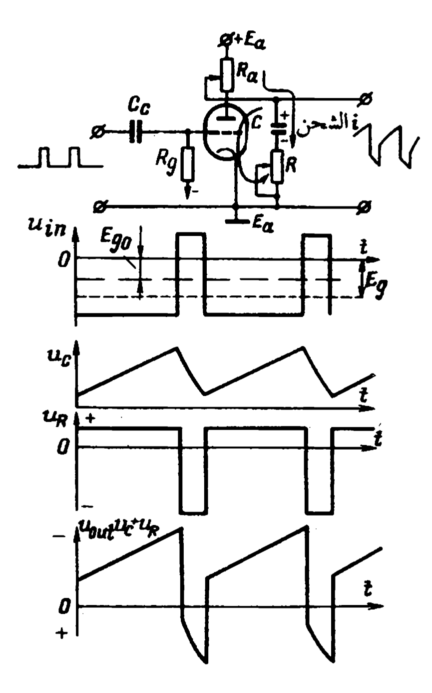
ولذلك يختار الثابت الزمنى لدائرة الشحن R_aC اكبر عشر مرات تقريبا من مدة دور المسح ، بحيث يتم شحن المكثف C حتى حوالى عشر قيمة E_a فقط ، وبهذا يكون اتساع فلطية سن المنشار مساوية $0{,}1E_a$ تقريبا .

ويفضل لتوفير قدرة منبع التغذية المفقودة فى المقاومة R_a جعل تيار شحن المكثف C صغيرا . ولذلك ينبغى ان تكون قيمة المقاومة R_a كبيرة والسعة C صغيرة . ولكن قيمة R_a يجب الا تكون كبيرة لئلا يتأثر عمل الدائرة بعدم استقرار تسرب العزل .

ومن المفضل ايضا ان تكون السعة C كبيرة لكى يكون من الممكن استخدام صمام تفريغ قليل القدرة . ولكن تلك السعة يجب ان تكون اكبر بحوالى ١٠ مرات من السعة الطفيلية C_a التى تتألف من سعة خرج صمام التفريغ وسعة دخل المكبر اللاحق وسعة التوصيلات ، مع العلم ان C_a تساوى عادة ٢٠ — ٣٠ بيكوفاراد . ومن الضرورى جعل $C \gg C_a$ حتى لا يتأثر عمل الدائرة بتغير قيمة السعة الطفيلية C_a عند تبديل الصمامات .

ويتم التحكم فى اتساع موجة سن المنشار عادة بتغيير قيمة المقاومة R_a .

٢) تشكيل موجة سن المنشار ذات المركبة النبضية : كما سبق ان بينا ، يكون التيار المار فى ملفات الانحراف على شكل سن المنشار اذا غذيناها بفلطية تتألف من مركبة سن المنشار والمركبة النبضية . ويمكن تشكيل مثل هذه الفلطية بواسطة الدائرة المبينة فى الشكل ١٠ — ٦ . وتستخدم فى هذه الدائرة مقاومة اضافية R يمر فيها تيارا الشحن والتفريغ . وينبغى ان تكون مقاومة الصمام فى حالة التوصيل اقل كثيرا من R_a . وعندئذ يكون الثابت الزمنى لتفريغ المكثف C اقل كثيرا من الثابت الزمنى لشحنه ،

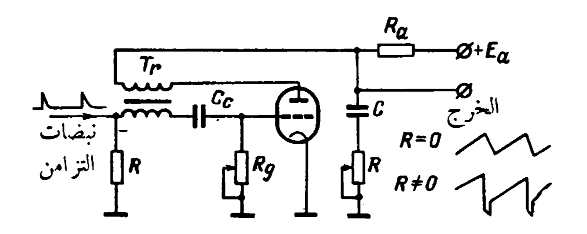


الشكل ١٠ — ٦ . دائرة تكوين فلطية سن المنشار ذات المركبة النبضية

ومن ثم يكون تيار التفريغ اكبر كثيرا من تيار الشحن . ولذلك يكون هبوط الجهد على المقاومة R (بالقيمة المطلقة) اكبر كثيرا فى فترة التفريغ مما هو فى فترة الشحن .

وطالما ان تيار التفريغ معاكس بالاتجاه لتيار الشحن ، فان اشارة الفلطية الهابطة على المقاومة R تتبدل دوريا فى بدايات فترات الشحن والتفريغ . وتتكون فلطية الخرج من مجموع فلطية سن المنشار U_c والفلطية النبضية U_R .

ومن اجل اختصار عدد صمامات مولد المسح الافقى شاع على نطاق واسع استخدام صمام مذبذب المسح كصمام تفريغ . ويبين الشكل ١٠ — ٧ على سبيل المثال دائرة للمذبذب المانع ، اضيف اليها المكثف C والمقاومة R لتشكيل موجة سن المنشار ذات المركبة النبضية . وتعمل الدائرة على النحو التالى : عندما يكون الصمام فى حالة القطع يجرى شحن المكثف C بتيار يمر عن طريق منبع الانود E_a والمقاومة R_a والمقاومة R . وعندما يكون الصمام



الشكل ١٠ — ٧ . دائرة للذبذب المانع أضيف لها مكثف ومقاومة لتكوين موجة سن النشار ذات المركبة النبضية

فى حالة التوصيل يجري تفريغ المكثف عن طريق ملف المحول والصمام من الانود الى الكاثود والمقاومة R . وتتكون فلطية الخرج على الدائرة RC ، وهى تتألف من موجة سن المنشار والموجة المستطيلة . واذا قصرنا دائرة المقاومة R (اى اذا جعلنا $R = 0$) ، فان فلطية الخرج تتكون من موجة سن المنشار فقط .

البند ١٠ — ٦ مرحلة خرج مولد المسح الافقى

١) خصوصيات مولد المسح الافقى : ان تردد المسح الافقى يساوى فى النظام التلفزيونى السوفييتى (او الاوربى) ١٥٫٦٢٥ كيلوهرتز ، بينما تبلغ فترة الارتداد الافقى عدة ميكروثوانى فقط . ولذلك تتولد فى ملفى الانحراف الافقى فى وقت الارتداد قوة دافعة كهربائية حثية كبيرة جدا . ولكى يكون الشكل الموجى لتيار سن المنشار الذى تعطيه مرحلة خرح المسح الافقى غير مشوه ، يجب ان تكون هذه المرحلة عريضة النطاق ، وينبغى ان يمتد نطاقها من ١٥ الى ٤٥٠ — ٧٥٠ كيلوهرتز (ليتسع لحوالى ٣٠ — ٥٠ توافقية من توافقيات تردد المسح الافقى) .

ومن اجل تقليل السعة الموزعة بين لفات ملفى الانحراف الافقى ، يختار عدد اللفات قليلا نسبيا (٣٠٠ — ٤٠٠ لفة) ، ويوصل الملفان بدائرة انود صمام الخرج عن طريق محول توفيق خافض للفلطية .

ولتقليل مفقودات القدرة يختار مشكل المحول (او المحول الذاتى) المستخدم فى مرحلة الخرج الافقى للتوفيق من مادة ذات مفقودات قليلة ، كما يختار قلب المحول من الفريت (مادة حديدية اكسيدية) .

وينبغى ان تكون القدرة المتاحة لصمام خرج المسح الافقى كافية لتأمين الاتساع الضرورى لتيار ملفى الانحراف .

وتعمل مرحلة الخرج الافقى بصمام قدرة خماسى او رباعى ، ولا يستخدم فيها الصمام الثلاثى لانه ذو معامل تكبير اقل ، ويتطلب تسليط فلطية كبيرة على شبكته حتى يقطع فى فترات الارتداد .

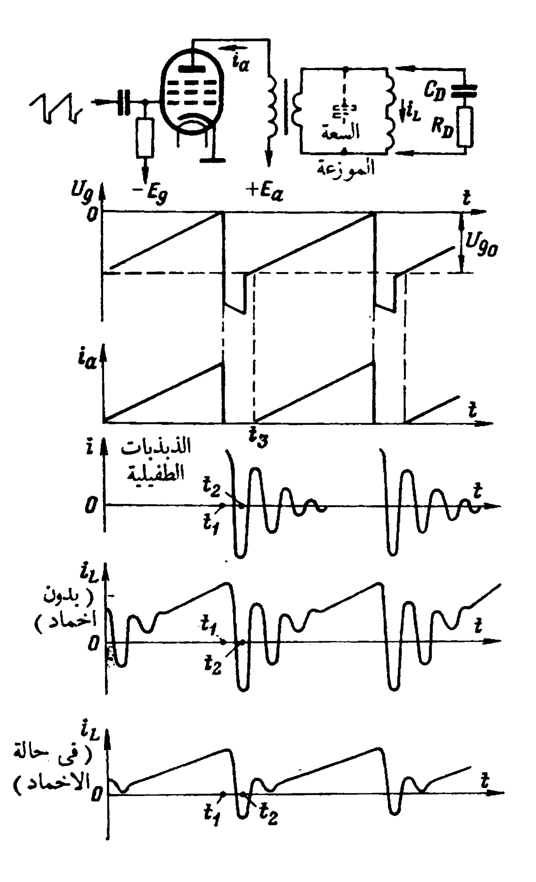
ويجب ان تكون القدرة المتاح تشتيتها على الشبكة الحاجبة لصمام الخرج الافقى كبيرة لدرجة كافية ، لأن تيار الشبكة الحاجبة يزداد كثيرا فى فترات المسح الفعال نتيجة لانخفاض جهد الانود فى هذه الفترات .

وينبغى ان يتحمل صمام الخرج الافقى الاندفاعات الكبيرة لفلطية الانود فى فترات الارتداد . ولذلك تستخدم فى مكبرات قدرة المسح الافقى صمامات خماسية او رباعية خاصة .

٢) الذبذبات الطفيلية واخمادها : عندما تصل الى شبكة الصمام فى اللحظة t_1 (الشكل ١٠ — ٨) نبضة سالبة ، يقل تيار الانود فجأة حتى الصفر ، ولكن التيار المار فى ملفى الانحراف لا يمكن ان ينعدم فورا . ففى فترة المسح الفعال يجرى اختزان الطاقة فى المجال المغنطيسى لملفى الانحراف ، وعندما يتوقف التزايد الخطى للتيار انمار فيهما فى اللحظة t_1 ، تسبب الطاقة المختزنة فى مجالهما استثارة صدمية لذبذبات طفيلية يتحدد ترددها بمحاثتهما وسعتهما الموزعة .

ولا تنشأ مثل هذه الذبذبات فى ملفى الانحراف الرأسى لأن فترة الارتداد الرأسى كبيرة نسبيا ، ويتناقص تيار الملفين خلالها تناقصا تدريجيا .

ويؤدى تراكب تيار الذبذبات الطفيلية الناشئة فى ملفى الانحراف الافقى مع تيار سن المنشار بعد لحظة انتهاء فترة الارتداد (t_1) الى اختلال خطية (استقامة) تيار المسح الفعال . وينجم عن ذلك ان تكون حركة الشعاع



الشكل ١٠ — ٨ . نشوء الذبذبات الطفيلية فى ملفى الانحراف الافقى

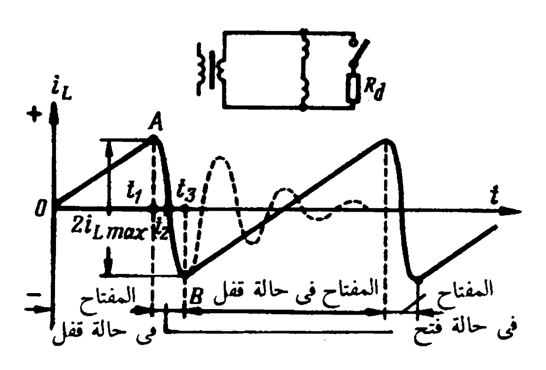
الالكترونى الماسح غير منتظمة ، فتتشوه الصورة (اذ تظهر عند الطرف الايسر لاطار الصورة اشرطة رأسية تشبه الاعمدة) .

ويسهل القضاء على الذبذبات الطفيلية اذا كان ترددها اكبر كثيرا من تردد المسح الافقى ، ولهذا ينبغى ان يكون ملفا الانحراف قليلى اللفات ، كما يجب ان تكون سعتهما الموزعة قليلة . ويتم كبت الذبذبات الطفيلية الناشئة فى ملفى الانحراف الافقى بتوصيل مقاومة مخمدة (كابتة) او ثنائى مخمد على التوازى مع الملفين .

وعندما تستخدم لكبت الذبذبات الطفيلية مقاومة مخمدة R_d ، يوصل معها على التوالى مكثف C_d تختار سعته ، بحيث تكون مفاعلته كبيرة جدا

للتيار ذى التردد الافقى وصغيرة جدا لتيار الذبذبات الطفيلية . وعندئذ يكون التيار المار بالمقاومة المخمدة فى فترة المسح الفعال صغيرا جدا ومهملا بالنسبة الى تيار ملفى الانحراف ، بينما يكون فى فترة الارتداد كبيرا جدا وكافيا لاخماد الذبذبات الطفيلية الناشئة فى ملفى الانحراف .

وعيب هذه الطريقة إن الطاقة التى يختزنها ملفا الانحراف فى فترة المسح الفعال تضيع كليا وتتحول الى حرارة . وللتخلص من هذا العيب ينبغى الا تتم ايقاف الذبذبات الطفيلية فورا فى لحظة ابتداء فترة الارتداد ، وانما بعد وقت يساوى نصف مدة دور الذبذبات الطفيلية ، لكى تتحول طاقة المجال المغنطيسى للملف الى طاقة المجال الكهربائى لسعته الشاردة . ولذلك يستخدم مفتاح يوصل بالمقاومة المخمدة ، كما فى الشكل ١٠ ــ ٩ .



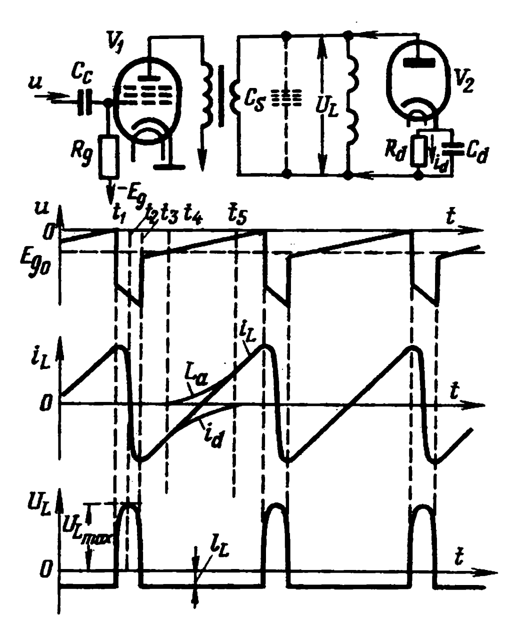
الشكل ١٠ ــ ٩ . الحصول على اخماد فعال

وبمقارنة الشكلين ١٠ ــ ٨ و ١٠ ــ ٩ نرى انه عند الاستفادة من الطاقة التى يختزنها ملفا الانحراف فى مجالهما المغنطيسى خلال فترة المسح الفعال، يمكن الحصول على تيار انحراف ذى اتساع مضاعف .

ويبين الشكل ١٠ ــ ١٠ دائرة عملية يقوم فيها بوظيفة المفتاح صمام ثنائى مخمد يكبت الذبذبات الطفيلية بعد نصف دورة تماما .

لنتأمل العمليات الفيزيائية التى تحدث فى هذه الدائرة منذ لحظة ابتداء فترة الارتداد . وفى هذه اللحظة t_1 يصبح صمام مكبر القدرة V_1 فى حالة القطع ، فيتوقف تزايد التيار المار فى ملفى الانحراف وتظهر الذبذبات الطفيلية

التى تسببها الطاقة المختزنة فى المجال المغنطيسى للملفين . وعندما يبدأ تناقص التيار المار فى ملفى الانحراف فى اللحظة t_1 ، يحافظ التيار على اتجاهه السابق ، ولكن القوة الدافعة الكهربائية الحثية تبدل اتجاهها فجأة وتجعل الصمام الثنائى V_2 فى حالة القطع ، فتحدث الذبذبات الطليقة فى دائرة ملفى الانحراف بدون اى عائق .



الشكل ١٠ — ١٠ . دائرة الاخماد بواسطة صمام ثنائى والاشكال الموجية للفلطيات والتيارات

وفى اللحظة t_2 يتم تحول طاقة المجال المغنطيسى لملفى الانحراف الى طاقة المجال الكهربائى لسعتهما الشاردة ، فتصبح فلطية الملفين قصوى ويبقى الصمام الثنائى V_2 فى حالة القطع . وبعد ذلك يبدأ تفريغ السعة الشاردة عن طريق ملفى الانحراف ، وفى اللحظة t_3 يتم تركيز الطاقة ثانية فى المجال المغنطيسى للملفين وتهبط فلطيتهما الى الصفر ، فيبدأ الصمام الثنائى V_2 بالتوصيل ويحدث تفريغ لادورى : تتحول الطاقة المختزنة فى ملفى الانحراف تدريجيا الى حرارة تتشتت على انود الصمام المخمد V_2 ومقاومة الحمل R_d .

وفى اللحظة t_3 تنتهى فترة الارتداد وتبدأ فترة المسح الفعال ، ويبقى الصمام الثنائى V_2 فى حالة التوصيل ويشارك فى شحن المكثف C_d .

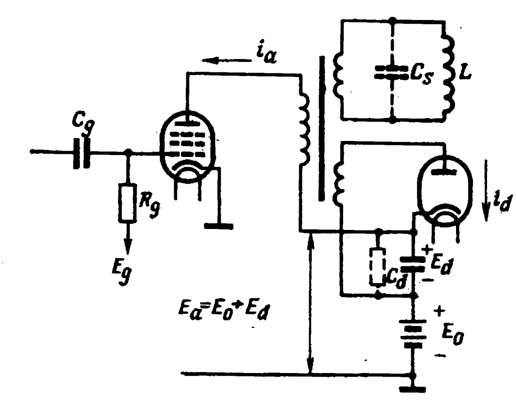
وتزداد الفلطية على المكثف C_d تدريجيا وتدفع الصمام الثنائى V_2 الى حالة القطع ، فلا يعد يفرع تيار ملفى الانحراف .

وفى اللحظة t_4 يبدأ الصمام V_1 بالتوصيل ويظهر تيار الانود i_a . ويسرى فى ملفى الانحراف فى الفترة $t_4 — t_5$ تياران متعاكسا الاتجاه : تيار

التفريغ اللادورى وتيار المسح الفعال . وعندما يصل تيار ملفى الانحراف الى قيمته القصوى ، تتكرر العملية .

وتختار مكونات الدائرة ، بحيث تتغير تيار ملفى الانحراف حسب قانون خطى .

وتعطى الدائرة ذات الثنائى المخمد تيار انحراف اكبر اتساعا مرتين تقريبا ، مما تعطيه الدائرة بدون اخماد .



الشكل ١٠ — ١١ . دائرة مرحلة الخرج الافقى ذات التغذية الخلفية للقدرة

ويوصل الثنائى المخمد فى بعض الحالات الى ملف خاص لمحول الخرج .

٣) مرحلة الخرج الافقى ذات التغذية الخلفية للقدرة : ان العمل الطبيعى لصمام خرج المسح الافقى يتطلب ان تكون فلطية منبع الانود حوالى ٣٠٠ — ٦٠٠ فولط ، بينما يلزم للعمل الطبيعى لأغلب المراحل الاخرى لجهاز التلفزيون ما لا يزيد عن ٢٥٠ فولط .

ولذلك شاع فى الوقت الحاضر استخدام دائرة مرحلة الخرج ذات التغذية الخلفية للقدرة (الشكل ١٠ — ١١) . وفي هذه الدائرة يستفاد من الطاقة الكهربائية التى يختزنها المكثف C_a الموصل بدائرة المخمد (وهو موصل فى الشكل ١٠ — ١٠ كمكثف امرار على التوازى مع المقاومة R_a) .

ويوصل المكثف C_a فى دائرة التغذية الخلفية للقدرة (الشكل ١٠ — ١١) على التوالى مع منبع الانود E_0 ، بحيث تصبح فلطية انود صمام الخرج اكبر من فلطية منبع التيار المستمر ، وتساوى $E_0 + E_a$. وتسمى الفلطية E_a الناتجة على المكثف C_a الفلطية المعززة .

وعند استخدام التغذية الخلفية للقدرة يمكن الاكتفاء بمقوم ذى فلطية لا تزيد عن ٢٥٠ فولط .

٤) الثنائيات المخمدة : لكى يتم كبت الذبذبات الطفيلية كبتا فعالا ، ينبغى ان يتميز الثنائى المخمد بمقاومة داخلية صغيرة جدا (عشرات الاومات فقط) ، كما يجب ان يتحمل فلطية عكسية كبيرة لدرجة كافية .

وتتميز الثنائيات المخمدة ايضا بوجود عزل جيد بين الكاثود وفتيلة التسخين ، بحيث يمكن تغذية دائرة الفتيلة من ملف التسخين العام الموجود فى محول القدرة .

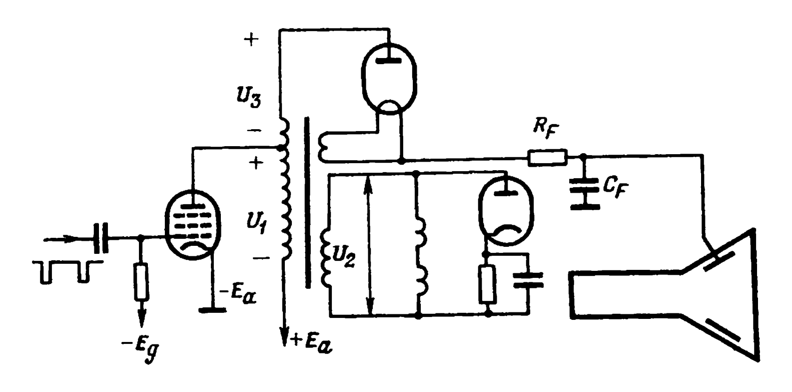
٥) الحصول على الفلطية العالية اللازمة لانبوب الصورة : يجب تغذية انود انبوب الصورة من مصدر عالى الفلطية (١٢ — ١٨ كيلوفولط) . وطالما ان تيار انواد انبوب الصورة صغير جدا (اجزاء عشرية من الملى امبير) ، فان مصدر الفلطية العالية يمكن ان يكون منخفض القدرة (١ — ٢ واط) .

وثمة طرازات ثلاثة لمقومات الفلطية العالية : مقوم التيار المتردد ٥٠ هرتز ومقوم الذبذبات عالية التردد ومقوم النبضات .

ومن عيوب مقومات التيار المتردد ٥٠ هرتز ان مويجات الفلطية المقومة منخفضة التردد (٥٠ — ١٠٠ هرتز) ، فتلزم لترشيحها مكثفات عالية الفلطية وكبير السعة والحجم والوزن .

ويسهل ترشيح الفلطية المقومة برفع تردد مصدر التيار الى ١٠٠ — ٣٠٠ كيلوهرتز . ويمكن توليد هذه الذبذبات بواسطة مذبذب صمامى جيبى .

ويتم الحصول على الفلطية العالية فى اجهزة التلفزيون بواسطة مقومات النبضات . وتستخدم لذلك النبضات المتولدة فى ملفات الانحراف فى فترات الارتداد . ويتم رفع فلطية هذه النبضات بواسطة محول الخرج ، وتؤخذ من ملفه الابتدائى وملفه الاضافى ($U_1 + U_3$) ثم تسلط على انود الصمام المقوم ، كما فى الشكل ١٠ — ١٢ . وطالما ان استهلاك التيار قليل جدا ، فمن الممكن ترشيح الفلطية العالية بمقاومة كبيرة R_F مقدارها ٠,٥ — ٢ ميجااوم ومكثف عالى الفلطية C_F سعته ٣٠٠ — ١٠٠٠ پيكوفاراد .



الشكل ١٠ — ١٢ . دائرة تقويم الفلطية العالية

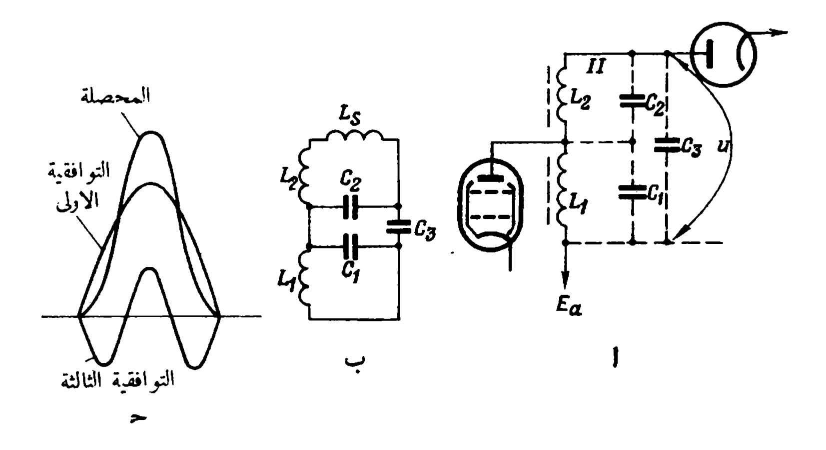
وتستخدم لتقويم الفلطية العالية صمامات ثنائية خاصة تتحمل فلطية عكسية كبيرة وتتميز بسعة صغيرة بين الانود والكاثود ، كما تتميز بكاثود اقتصادى جدا ذى تسخين مباشر . ويتم تسخين الكاثود بواسطة ملف (لفة — لفتين من سلك معزول) من محول الخرج الافقى .

ويمكن الحصول على فلطية اعلى من **١٢ — ١٨** كيلوفولط باستخدام مقومات مضاعفة للفلطية .

وتستعمل فى دوائر خرج المسح الافقى فى الوقت الحاضر محولات ذاتية . وطالما ان محولات الخرج الافقى تقوم بتحويل نبضات عالية الفلطية (ما يزيد عن ١٠ كيلوفولط) ، لذلك يتم عزل ملفاتها عزلا جيدا ، وتعد نقط تفريعها بدون حافات حادة (تفاديا لخروج الشحنات الكهربائية الى الهواء) ، وتصنع مشكلاتها من مواد عازلة جيدة النوعية .

وتتميز محولات الخرج الافقى السوفييتية المخصصة لانابيب الصورة ذات الزاوية ١١٠° (طراز TBC — 110) بان دائرة الرنين المكونة من محاثة ملف الفلطية العالية L_2 والمحاثة الشاردة L_s والسعات الموزعة C_1 ، C_2 ، C_3 مولفة على التوافقية الثالثة للذبذبات الطليقة التى تحدث فى فترة الارتداد الافقى (الشكل ١٠ — ١٣) . وتضاف التوافقية الثالثة الى التوافقية الاولى التى ولف عليها ملفا الانحراف ، بحيث يزداد اتساع الموجة المسلطة على انود الصمام المقوم ، ومن ثم يزداد الجهد العالى .

14*



الشكل ١٠ – ١٣ . توليف محول الخرج الافقى على التوافقية الثالثة : أ – دائرة مبسطة لمرحلة الخرج ؛ ب – الدائرة المكافئة للمحول ؛ جـ – الشكل الموجى للفلطية المحصلة عند توليف المحول على التوافقية الثالثة

ويتم توليف المحول عند تصميمه باختيار المقاسات الاساسية للملفات وثخانة العوازل وموادها .

البند ١٠ – ٧ مرحلة خرج مولد المسح الرأسى

١) خصوصيات مولد المسح الرأسى : يتميز مولد المسح الرأسى اولا بالتردد المنخفض لتيار سن المنشار الذى يولده (٥٠ هرتز) ، ويتميز ثانيا بطول وقت الارتداد (حوالى ١ ملى ثانية) .

واذا كان من الكافى وجود ٢٠ توافقية من توافقيات التردد الرأسى حتى يكون الشكل الموجى لتيار سن المنشار سليما ، فان عرض نطاق مولد المسح الرأسى يبلغ ١٠٠٠ هرتز فقط ، اى اقل عدة مرات من عرض نطاق المكبر العادى للترددات السمعية (المنخفضة) . وطالما ان التيار المار فى ملفى الانحراف الرأسى يتناقص فى وقت الارتداد ببطء ، فلذلك لا تحدث استثارة صدمية لاى ذبذبات طليقة شديدة . وبينما تؤدى السعات الموزعة دورا هاما فى مولد المسح الافقى ، نجد انها لا تؤثر عمليا على عمل مولد المسح الرأسى .

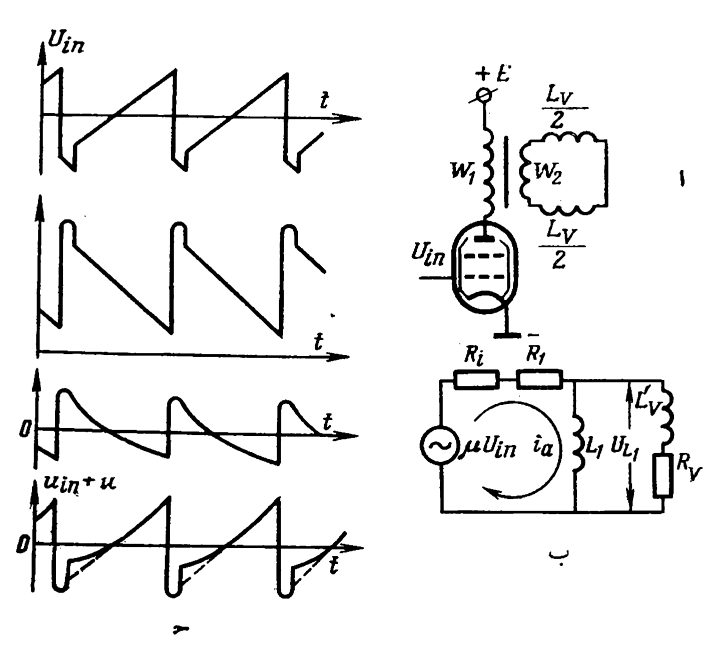
ومن خصائص ملفات الانحراف الرأسى انها قليلة اللفات (٣٠٠ — ٤٠٠ لفة) كملفات الانحراف الافقى، ويتم توصيلها بدائرة انود صمام الخرج عن طريق محول توفيق خافض للفلطية تتراوح نسبة لفاته بين ٣٠ : ١ و ٤٠ : ١ .

وطالما ان تردد المسح الرأسى منخفض نسبيا ، فان قدرة المولد الرأسى اقل كثيرا من قدرة المولد الافقى .

وتصنع قلوب محولات الخرج الرأسى من الحديد المستخدم فى المحولات العادية .

وتتميز مرحلة خرج المسح الرأسى بأن مبدأ عملها ابسط كثيرا من عمل مرحلة خرج المسح الافقى . وتعمل مرحلة الخرج الرأسى كمكبر عادى لتيار منخفض التردد .

٢) الشكل الموجى للفلطية الحافزة : يبين الشكل ١٠ — ١٤ رسما تخطيطيا مبسطا لدائرة مرحلة الخرج الرأسى والدائرة المكافئة لها . وتمثل



الشكل ١٠ — ١٤ . توضيح اختيار الشكل الموجى للفلطية الحافزة لمرحلة الخرج الرأسى :
أ — دائرة مبسطة لمرحلة الخرج ؛ ب — الدائرة المكافئة ؛ جـ — الاشكال الموجية للفلطيات

المحاثة L'_0 والمقاومة R'_0 البارامترين المناظرين لملفى الانحراف الرأسى مرجعين (محولين) الى الملف الابتدائى لمحول الخرج . وطالما ان المحاثة الشاردة ومحاثة الملف الثانوى اقل كثيرا من محاثة ملفى الانحراف ، لذلك لم نبينهما بالدائرة المكافئة .

وكما اوضحنا سابقا ، لكى يكون التيار المار فى ملفى الانحراف على شكل سن المنشار ، ينبغى ان نسلط عليهما فلطية مكونة من موجة سن المنشار والموجة المستطيلة .

فما هو الشكل الموجى للتيار الذى ينبغى امراره بالملف الابتدائى حتى تكون فلطيته على ذلك الشكل ؟

ان فلطية المحاثة تتناسب مع مشتقة التيار بالنسبة الى الزمن ، اى تتناسب مع معدل تغير التيار : $U_L = L\frac{di}{dt}$.

ويبين التحليل الرياضى انه لكى تتغير فلطية الملف الابتدائى للمحول تغيرا خطيا خلال فترة المسح الفعال ، ينبغى ان يتغيير التيار المار فيه خلال تلك الفترة حسب قانون تربيعى ، اى على شكل قطع مكافىء . ولذلك ، يجب ان يتضمن الشكل الموجى لتيار انود صمام الخرج وفلطية شبكته مركبة القطع المكافىء .

ويتم الحصول على هذه المركبة فى مرحلة الخرج الرأسى باستخدام تغذية خلفية عن طريق دائرة تفاضل . ويختار الثابت الزمنى لهذه الدائرة من مرتبة مدة دور المسح الرأسى لكى لا يتم التفاضل بدقة ، وانما جزئيا ، بحيث يتشوه الشكل الموجى لتيار الانود تشوها يؤدى الى اضافة مركبة القطع المكافىء له .

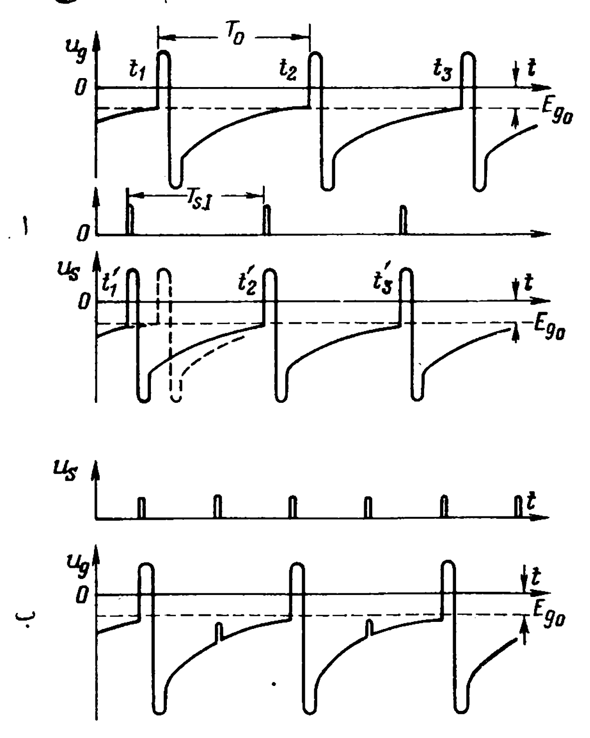
البند ١٠ ــ ٨ المزامنة الدفعية لمولدات المسح

ان المقصود بمزامنة مولد المسح هو ربط تردده بتردد نبضات التزامن .

ويمكن مزامنة المولد النبضى بتسليط نبضات التزامن على شبكة صمامه ، بحيث تقوم كل نبضة بدفع الصمام من القطع الى التوصيل (او بالعكس) قبيل ان يصبح فى حالة التوصيل بتأثير التذبذب الذاتى . ولذلك ينبغى ان يكون

تردد « الحركة الطليقة » للمولد اقل من تردد نبضات التزامن ، لأن كل نبضة لن تدفع الصمام الى حالة التوصيل اذا اتت بعد ان يكون الصمام قد اصبح فى حالة التوصيل بتأثير التذبذب الذاتى .

لنتأمل على سبيل المثال عملية مزامنة المذبذب المانع . وهى تتم عادة بتسليط نبضات موجبة على شبكة تحكم الصمام (الشكل ١٠ ــ ١٥) . وعند غياب النبضات المزامنة تتبدل حالة الصمام من القطع الى التوصيل فى



الشكل ١٠ ــ ١٥. الاشكال الموجية التى توضح عملية مزامنة المذبذب المانع بنبضات موجبة :
أ ــ المزامنة بنبضات ذات تردد قريب من تردد المذبذب المانع الطليق؛ ب ــ المزامنة بنبضات ذات تردد مضاعف

اللحظات t_1 ، t_2 ، t_3 ... التى تفصل بينها فترات متساوية تناظر مدة دور « الحركة الطليقة » T_0 .

وعندما تضاف فلطية النبضة المزامنة u_s الى فلطية الشبكة الحاكمة u_g ، تصبح فلطية الشبكة u'_g اكبر من فلطية القطع E_{g0} ، ومن ثم تتبدل حالة

الصمام من القطع الى التوصيل قبل انتهاء دورة التذبذب الطليق (فى اللحظات t'_1 ، t'_2 ، t'_3 ...) .

ولكى تكون المزامنة مستقرة ، ينبغى ان تكون النبضات المزامنة متساوية الاتساع (الارتفاع) ، كما ينبغى ان تكون حافاتها الامامية متساوية الميل . واذا تغير اتساع النبضات المزامنة وميل حافاتها ، فان الفترات الفاصلة بين اللحظات t'_1 ، t'_2 ، t'_3 ... ستكون غير متساوية ، لأن النبضات الاكثر حدة والاكثر شدة تدفع المذبذب المانع الى حالة التوصيل قبل النبضات الاقل حدة والاقل شدة .

ويمكن ان تتم المزامنة كذلك بنبضات يزيد ترددها عدة مرات عن تردد المذبذب الطليق (الشكل ١٠ — ١٥ — ب) . وفى هذه الحالة لا تستخدم للمزامنة الا نبضة واحدة من كل n نبضة (حيث n نسبة تردد النبضات المزامنة الى تردد المذبذب الطليق) . ويعمل المذبذب عندئذ كمقسم للتردد كما اشرنا فى الفصل الثامن .

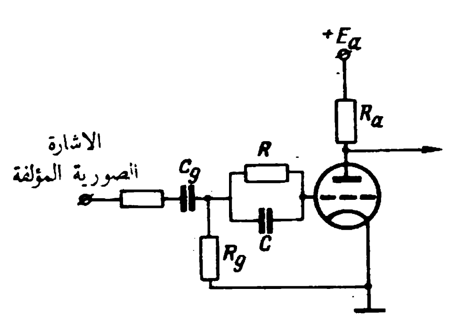
وعيب المزامنة الدفعية (النبضية) انها لا تضمن حصانة جيدة ضد الضوضاء . فعندما تنفذ الضوضاء النبضية والعشوائية الى دائرة التزامن ، تتبدل حالة مذبذب المسح قبل الاوان ، فيختل التزامن وتتشوه الصورة المتكونة على شاشة انبوب الصورة . ويتأثر مذبذب المسح الافقى بالضوضاء النبضية اشد تأثر .

ويمكن تحسين حصانة دوائر المزامنة الدفعية ضد الضوضاء بطريقتين :

١ — بتحسين حصانة فاصل التزامن ضد الضوضاء ؛

٢ — بزيادة ميل المنحنى الاسى لتفريغ المكثف الموجود فى دائرة شبكة مذبذب المسح .

ويمكن تحسين حصانة فاصل التزامن ضد الضوضاء باستخدام دائرة RC كابتة للضوضاء توصل بدائرة الشبكة ، كما فى الشكل ١٠ — ١٦ . فعندما تصل الى

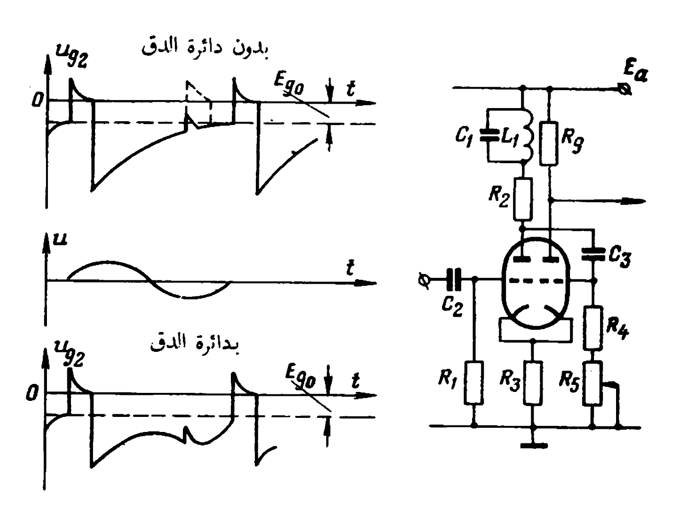


الشكل ١٠ — ١٦ . دائرة لفاصل التزامن ذات دائرة كابتة للضوضاء

شبكة الصمام الفاصل نبضة ضوضائية كبيرة الاتساع ، يصبح جهد الشبكة موجبا ، ويظهر تيار الشبكة الذى يشحن بسرعة المكثف C (ولا يجد الوقت الكافى لشحن المكثف C_c لأن $C_C \gg C$) . وتؤثر فلطية المكثف C على شبكة الصمام كفلطية انحياز سالبة ، فتنزاح نقطة تشغيل الصمام الى اليسار ، مما يقلل من اتساع النبضة الضوضائية فى دائرة الانود . وبعد ان ينتهى تأثير نبضة الضوضاء يتم تفريغ المكثف C عن طريق المقاومة R .

اما كيفية تحسين حصانة مذبذب المسح ضد الضوضاء ، فهى تتضح مما يلى :

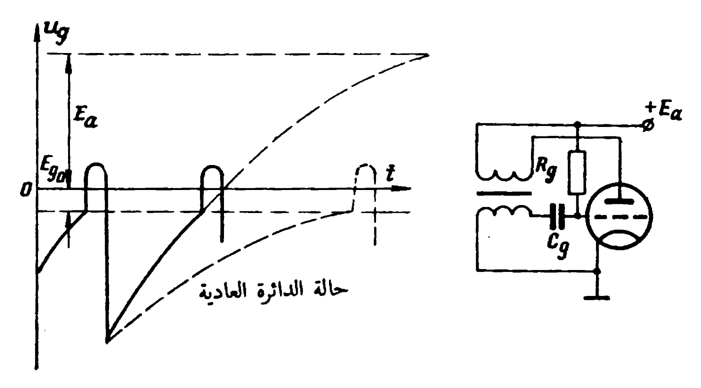
ان جهد شبكة صمام المذبذب المانع او المذبذب المتعدد يتغير فى الفترات الفاصلة بين النبضات على منحنى اسى يتقاطع مع خط جهد القطع E_{g0} بزاوية صغيرة جدا (راجع الشكلين ١٠ — ٣ و ١٠ — ٤) . ولذلك نجد ان النبضة الضوضائية ، حتى اذا كانت صغيرة الاتساع ، يمكن ان تسبب تبديل حالة مذبذب المسح قبل الاوان ، ومن ثم تؤدى الى اختلال التزامن . ولكى يقل احتمال تبديل حالة المذبذب قبل الاوان بتأثير النبضة الضوضائية، يجب زيادة الزاوية التى يتقاطع بها منحنى تغير جهد الشبكة مع خط جهد القطع E_{g0} .



الشكل ١٠ — ١٧. دائرة لمذبذب متعدد تضمن استقراره دائرة رنين (دق) ، والأشكال الموجية لفلطية الشبكة الحاكمة

ولذلك توصل دائرة رنين (دق) بدائرة انود المذبذب ، او توصل شبكة صمام المذبذب المانع او المذبذب المتعدد الى مصدر الجهد الموجب .

ويبين الشكل ١٠ — ١٧ دائرة مذبذب متعدد وصلت بدائرة انود احد صماميه (قطاعيه) دائرة رنين مولفة على تردد المسح الافقى . وعندما يكون ذلك الصمام فى حالة التوصيل ، يجرى تخزين الطاقة فى محاثة دائرة الرنين . وفى لحظة اعادة التوليد (عند تبدل حالة الدائرة) يصبح الصمام فى حالة القطع ، فتحدث استثارة صدمية لدائرة الرنين بتأثير الطاقة المختزنة فى المجال المغنطيسى للملف (تبدأ دائرة الرنين بـ « الدق ») . وتضاف الفلطية المترددة الناتجة على دائرة الرنين الى فلطية شبكة الصمام (القطاع) الاخر ، فنحصل على منحنى يتقاطع مع الخط E_{g0} بميل اكبر من ميل الخط الاسى الذى يقارب الخط E_{g0} ببطء شديد .



الشكل ١٠ — ١٨ . دائرة المذبذب المانع ذى الشبكه الموجبة ، والاشكال الموجية لفلطية الشبكة

ويبين الشكل ١٠ — ١٨ دائرة للمذبذب المانع ذى « الشبكة الموجبة » . وتتميز هذه الدائرة بأن مقاومة تسريب الشبكة R_g موصلة فيها بين الشبكة والقطب الموجب لمنبع الانود بدلا من ان توصل بين الشبكة والكاثود . ويتم تشكل النبضات فى هذه الدائرة بعملية مشابهة لما فى الدائرة العادية (الشكل ١٠ — ٣). ولكن ما يحدث فى الفترات الفاصلة بين النبضات هو اعادة شحن المكثف C_c بدلا من تفريغه ، ومن ثم يتزايد جهد الشبكة نحو نهاية تساوى E_a بدلا من الصفر ، وبذلك يتقاطع خط تغير جهد الشبكة مع الخط E_{g0}

بحدة اكثر . وينبغى ان نلاحظ ان اعادة شحن المكثف C_c لا تتم فى الواقع لأن جهد الشبكة لا يكاد يبلغ القيمة E_{g0} حتى تتوقف عملية تزايده وتحدث اعادة التوليد .

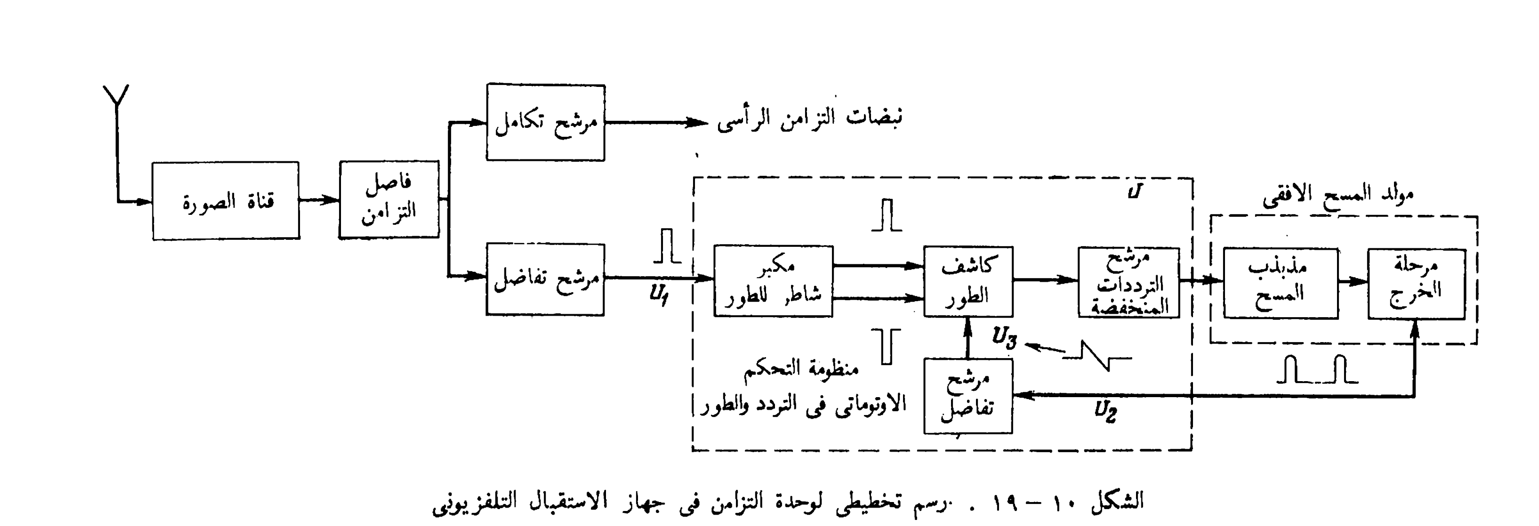
ويعمل المذبذب المتعدد ذو « الشبكتين الموجبتين » على نحو مشابه .

البند ١٠ ــ ٩ مزامنة مولدات المسح الافقى بطريقة التحكم الاوتوماتى فى التردد

ان دوائر المزامنة الدفعية تتصف ، كما سبق ان اشرنا ، بحصانة ضعيفة ضد الضوضاء . ولذلك تستخدم فى اجهزة التلفزيون العصرية دوائر تتميز بقصورها الذاتى وتعمل بطريقة التحكم الاوتوماتى فى التردد ، كما موضح بالشكل ١٠ ــ ١٩ .

ويقوم كاشف الطور (او المميز) بمقارنة طور نبضات مولد المسح الافقى مع طور النبضات المزامنة الاتية من خرج فاصل التزامن . وعندما يوجد فرق بين الطورين ، يعطى كاشف الطور « اشارة الخطأ » التى تتحكم فى تردد وطور مذبذب المسح الافقى . ويستخدم مرشح امرار الترددات المنخفضة (دائرة تكامل RC) للتخلص من المركبات المترددة (نبضات التزامن الضوضاء) ، هو لا يمرر الا اشارة الخطأ المتغيرة ببطء . ويترتب على ويجود ذلك المرشح ان تكتسب الدائرة القصور الذاتى اللازم الذى يجعل مقارنة تردد مولد المسح وتردد نبضات التزامن تجرى خلال فترة طويلة ، مما يقلل كثيرا من تأثير تشوه او فقد النبضات المفردة فى حالة اختلاطها مع الضوضاء .

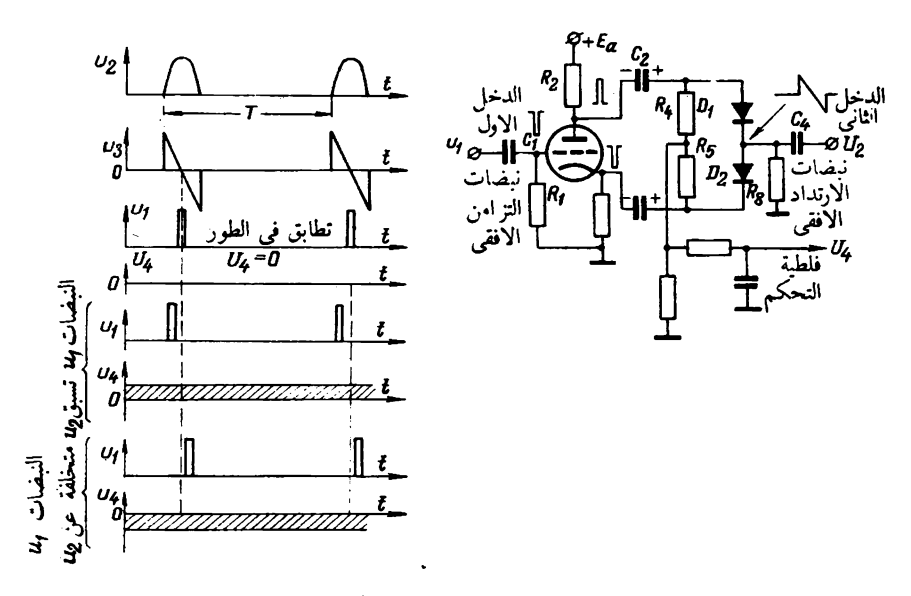
يؤدى تأثير الفلطية المستمرة التى يعطيها مرشح امرار الترددات المنخفضة على شبكة صمام مذبذب المسح (المذبذب المانع او المذبذب المتعدد) الى تغيير مدة دور تكرار نبضات المذبذب حتى تتطابق مع مدة دور تكرار نبضات التزامن . فمثلا تقل مدة دور تكرار نبضات المذبذب المانع اذا وصلت الى شبكته فلطية سالبة ، تزداد اذا وصلت فلطية موجبة .



الشكل ١٠ – ١٩ . رسم تخطيطى لوحدة التزامن فى جهاز الاستقبال التلفزيونى

لنتأمل على سبيل المثال دائرة التحكم الاوتوماتي في تردد وطور المذبذب الافقي المستخدمة في جهاز تلفزيون سوفييتي من الصنف الثالث (УНТ—35) (الشكل ١٠ — ٢٠) .

ان نبضات التزامن الخارجة من فاصل التزامن تسلط على الشبكة الحاكمة لمكبر شاطر (عاكس) للطور محمل الانود والكاثود . ويعطي شاطر الطور شكلين موجيين مختلفي القطبية يصلان عن طريق المكثفين C_2 و C_3 الى الثنائيين D_1 و D_2 المستخدمين لكشف الطور .



الشكل ١٠ — ٢٠. دائرة نموذجية لكاشف الطور (ذات مكبر شاطر للطور ودائرة تكامل مرشحة للترددات المنخفضة)

وعندما تأتي نبضات التزامن ، تدفع الثنائيين D_1 و D_2 الى حالة التوصيل ، فيتم شحن المكثفين C_2 و C_3 عن طريقهما شحنا سريعا حتى فلطية تساوى اتساع النبضات القادمة من شاطر الطور . وفي الفترات الفاصلة بين نبضات التزامن يحدث تفريغ قليل جدا للمكثفين C_2 و C_3 ، ويجرى تفريغ C_2 عن طريق R_4 و R_6 و R_2 والمنبع E_a ، كما يجرى تفريغ C_3 عن طريق R_5 و R_6 و R_3 ، ويصبح الثنائيان D_1 و D_2 في حالة القطع .

وعند مجيء كل نبضة تزامن يوصل الثنائيان D_1 و D_2 وتتم اعادة شحن المكثفين C_2 و C_3 .

وتسلط على الدخل الثاني لكاشف الطور عن طريق دائرة التفاضل C_4R_8 نبضات على شكل جيبي (u_2) تأتي من ملف خاص من محول الخرج الافقي . وتنتج عن تفاضل هذه النبضات نبضات ثنائية القطبية (u_3) ذات جزء خطي (ab) يناظر زمنيا فترة الارتداد الافقي . وهكذا يتم الحصول على فلطية مقارنة على شكل سن المنشار في نقطة اتصال الثنائيين D_1 و D_2 .

واذا كان تردد وطور نبضات المذبذب الافقي (u_2) مطابقين لتردد وطور نبضات التزامن (u_1) ، فان كاشف الطور يكون في حالة التوازن وتكون فلطية خرجه (u_4) مساوية الصفر . وعند وجود فرق في الطور يختل توازن كاشف الطور ، بحيث تكون فلطية خرجه موجبة اذا كانت نبضات التزامن متقدمة ، وسالبة اذا كانت نبضات التزامن متخلفة . وتتناسب فلطية خرج كاشف الطور مع فرق الطور ، فتزداد (بالقيمة المطلقة) كلما ازداد فرق الطور .

وتمتاز طريقة التحكم في تردد وطور مولد المسح بانها تلغى تأثير نبضات الضوضاء التي لا تتكرر بتردد معين .

البند ١٠ ـ ١٠ التشوهات الهندسية للهيكل الخطي

١) تصنيف التشوهات : تصنف تشوهات الشكل الهندسي للصورة التلفزيونية حسب منشئها الى خمس فئات :

أ ـ التشوهات الناتجة عن تأثير مجالات تهدّب (حافات) ملفات الانحراف ؛

ب ـ التشوهات الناجمة عن الشكل الهندسي لغلاف الانبوب ؛

جـ ـ التشوهات الناتجة عن لاخطية المسح ؛

د ـ التشوهات الناجمة عن مويجات فلطية منبع تغذية مولدات المسح ؛

هـ ـ التشوهات التي تسببها المجالات المغنطيسية الشاردة .

وتتحدد الفئتان الاوليتان من التشوهات بتصميم الانبوب وملفات الانحراف ، بينما تتوقف الفئات الثلاث الاخيرة على سلامة اختيار حالة تشغيل الجهاز التلفزيونى و تصميم وحداته ووضعها المتبادل .

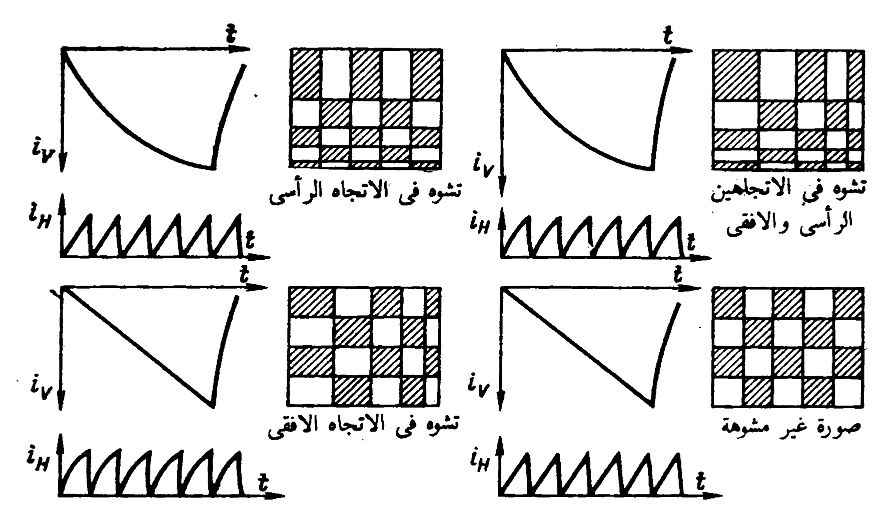
ولا تنشأ التشوهات المذكورة فى انبوب الصورة فحسب ، وانما فى انبو ب التصوير ايضا .

٢) التشوهات الناجمة عن لاخطية المسح : يمكن ان تختل خطية التيار المار فى ملفات الانحراف نتيجة لعدم خطية الفلطية الحافزة (اذ ان شحن مكثف دائرة التشكيل يجرى حسب قانون اسى) او نتيجة للخطأ فى اختيار نقطة تشغيل صمام مكبر القدرة على المنحنى المميز له .

ويؤدى اختلال خطية المسح الى عدم انتظام سرعة تحرك النقطة الماسحة على شاشة انبوب الصورة ، مما يسبب تشوه الصورة ، اذ انها تتمدد حيث يسرع الشعاع الماسح ، وتنكمش حيث يبطىء .

ويمكن ملاحظة عدم خطية المسح الرأسى بتأمل الهيكل الخطى المتكون على الشاشة عند غياب الصورة ، فحيث يتحرك الشعاع الى الاسفل بسرعة اكبر تقل كثافة الخطوط ، وحيث تكون سرعة نزوله اقل تزداد كثافة الخطوط . ولا يمكن ملاحظة عدم خطية المسح الافقى على الشاشة الا اذا كان اختلاف سرعة الشعاع كبيرا جدا . وعندئذ يكون النصوع اكبر حيث الشعاع اسرع ، ويكون النصوع اقل حيث الشعاع ابطأ . ويبين الشكل ١٠ ــ ٢١ صورا للوحة شطرنج فى حالات مختلفة من التشوهات الهندسية اللاخطية .

٣) التشوهات الناتجة عن مويجات منبع القدرة : ان عدم كفاية ترشيح فلطية منبع القدرة تؤدى ايضا الى تشوهات هندسية للهيكل الخطى. ويبين الشكل ١٠ ــ ٢٢ تأثير مويجات فلطية المنبع فى حالة استخدام مقوم الموجة الكاملة (وتردد الموجات فى هذه الحالة يساوى ١٠٠ هرتز) . وبما ان تردد المويجات قريب من تردد المسح الرأسى ، فان عدم كفاية ترشيح فلطية منبع انود مولد المسح الرأسى يؤدى الى اختلال خطية التيار المار فى ملفى الانحراف الرأسى ، مما يسبب تشوها رأسيا للصورة .



الشكل ١٠ — ٢١. تشوهات صورة لوحة الشطرنج نتيجة للاخطية المسح

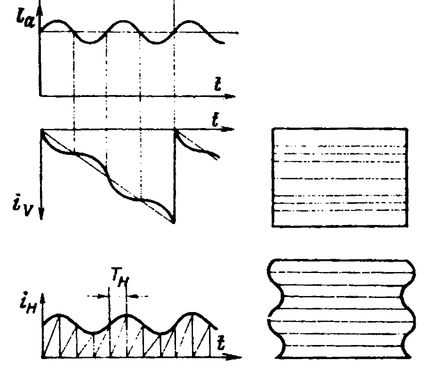
وطالما ان تردد مويجات المنبع اقل كثيرا من تردد المسح الافقى ، فانها بتأثيرها على مولد المسح الافقى تعدل تيار الانحراف الافقى تعديل اتساع ، مما يؤدى الى تشوه الصورة افقيا ، بحيث يتموج جانباها على شكل منحنى جيبى .

ومن تشوهات الصورة الناجمة عن مويجات منبع القدرة الاشرطة الافقية المظلمة التى تظهر عند تأثير المويجات على المكبر الصورى (كتعديل طفيلى لنصوع الصورة) .

ويتم التخلص من التشوهات المذكورة بالترشيح الجيد للفلطية المقومة .

ويمكن تحسين فعالية المرشح بتوصيل مكثف على التوازى مع الملف الخانق لتوليفه على تردد المويجات كمصيدة (مرشح نابذ) .

وتسمح هذه الطريقة بالاكتفاء بقيم اقل لسعات المرشح ومحاثاته .

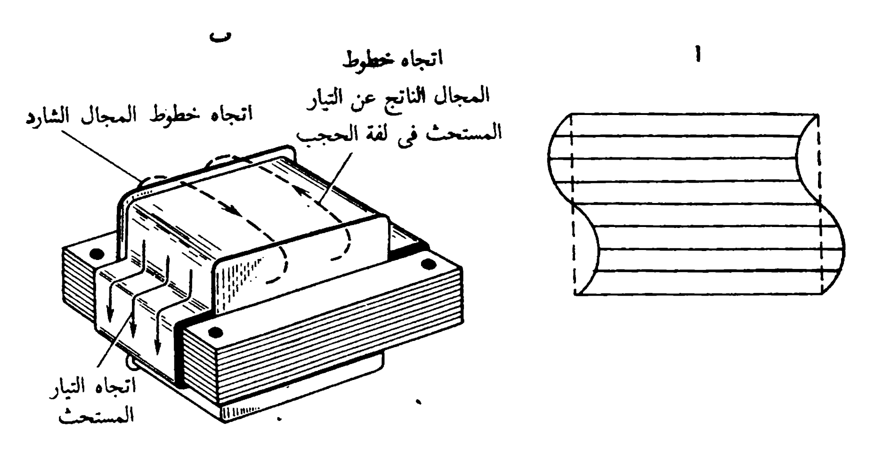


الشكل ١٠ — ٢٢ . تشوهات الهيكل الخطى فى حالة وجود التموجات فى دوائر تغذية مولدى المسح الرأسى والافقى

٤) التشوهات الناجمة عن المجالات المغنطيسية الشاردة : ان المجال المغنطيسى الشارد من محول القدرة وملف المرشح يمكن ان يؤدى ايضا الى تشوهات هندسية للهيكل الخطى .

ومن اكثر عناصر جهاز الاستقبال التلفزيونى تأثرا بالمجال المغنطيسى المتردد الشعاع الالكترونى الماسح فى انبوب الصورة ، وملفات الانحراف ، وشتى المكونات المحتوية على لفات (المحولات والملفات الخانقة وما الى ذلك) .

ومما تسببه مركبة المجال المغنطيسى المتجهة رأسيا انزياح دورى لخطوط المسح فى الاتجاه الافقى (بتردد منبع القدرة) ، فيتموج جانبا الهيكل الخطى ، وتتشوه الصورة افقيا (الشكل ١٠ ــ ٢٣ ــ أ) .



الشكل ١٠ ــ ٢٣. تأثير المجال المغنطيسى الشارد على شكل الهيكل الخطى (أ) وطريقة حجب المحول بلفة واحدة (ب)

واذا كانت المجالات المغنطيسية الشاردة كبيرة الشدة ، تتشوه الصورة اغرب تشوه .

ويتم التخلص من تأثير المجالات المغنطيسية الشاردة او يتم اضعافها الى اقل حد ممكن بتركيب محول القدرة والملف الخانق المستخدم فى مرشح المقوم بعيدا عن انبوب الصورة ، بحيث يتجهان انسب اتجاه .

وينبغى لذلك ايضا حجب محول القدرة .

ويتم حجب محول القدرة بشريط من الالومنيوم ، ثخانته ٣ — ٥ مم ، وعرضه يساوى طول ملف المحول . ويلف هذا الشريط لفة واحدة حول المحول وتوصل نهايتاه ليستثار فيه تيار يتجه مجاله اتجاها معاكسا للمجال الشارد ويساويه تقريبا من حيث الشدة (طالما يمكن اهمال المفقودات باعتبار ان مقاومة لفة الالومنيوم ضئيلة جدا) ، وبذلك يتم الحجب .

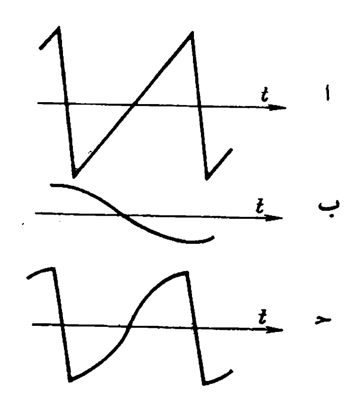
البند ١٠ — ١١ مولدات المسح لانابيب الصورة الكبيرة الزاوية

ان زيادة زاوية الانحراف من ٧٠° الى ١١٠° تؤدى الى زيادة القدرة المستهلكة فى مرحلة خرج كل من مولدى المسح الافقى والرأسى مرتين تقريبا ، كما تؤدى الى تشوهات هندسية للهيكل الخطى وخاصة على شكل مخدة الدبابيس (راجع البند ٤ — ٧) .

ويمكن تصحيح تشوه « مخدة الدبابيس » باستخدام مجالات تهدب (حافات) ملفات الانحراف ، اذ انها تؤدى الى تشوه « البرميل » . واذا غيرنا قانون توزع لفات ملفات الانحراف ، فاننا بذلك نسبب تشوها مقصودا للهيكل الخطى على شكل « البرميل » ، وبهذا يمكن تصحيح تشوه « مخدة الدبابيس » .

ولكن عدم انتظام مجال الانحراف ينبغى الا يتعدى حدا معينا حتى لا يختل تركيز الشعاع الماسح .

ولذلك يتطلب تصحيح تشوه « مخدة الدبابيس » ان يستخدم ايضا تيار انحراف على شكل الحرف S (الشكل ١٠ — ٢٤) . ويمكن الحصول على هذا التيار بواسطة دائرة رنين تتكون من ملفى انحراف ومكثف يوصل معهما على التوالى . وتستثار فى هذه الدائرة ذبذبات جيبية تضاف الى تيار سن المنشار فيصبح على شكل الحرف S .

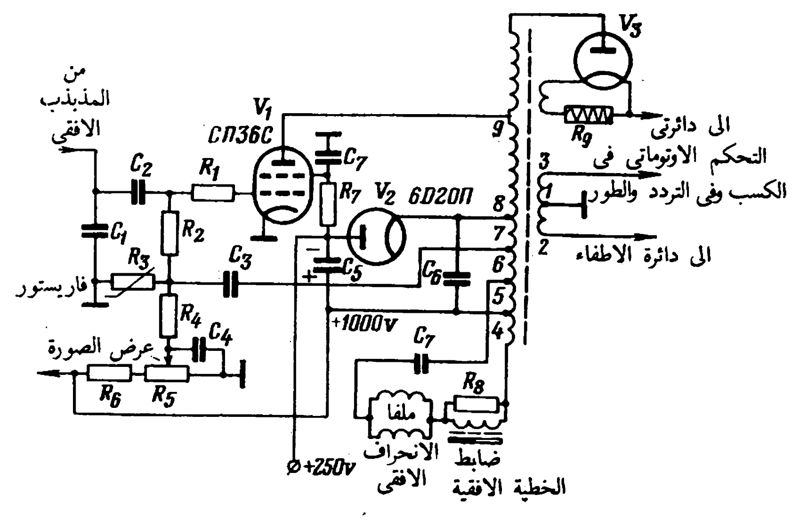


الشكل ١٠ — ٢٤ . تكوين تيار الانحراف على شكل الحرف S

وستعرف فيما يلى على دوائر المسح المستخدمة فى جهاز تلفزيون سوفييتى ذى انبوب صورة كبير الزاوية .

١) مرحلة خرج المسح الافقى : يبين الشكل ١٠ ــ ٢٥ دائرة مرحلة الخرج الافقى لجهاز التلفزيون 47/49 — УНТ (قطر الشاشة ٤٧ او ٥٩ سم) .

ان نسبة شكل انبوب الصورة المستخدم فى هذا الجهاز هى $\frac{٥}{٤}$. ويتميز مولد المسح الافقى فى هذه الحالة بان فترة الارتداد تساوى ١٤ ميكروثانية (بدلا من ٩ ميكروثانية فى حالة نسبة الشكل $\frac{٤}{٣}$) .



الشكل ١٠ ــ ٢٥ . دائرة مرحلة الخرج الافقى فى جهاز التلفزيون 47/49 — УНТ

ويستخدم المكثف C_1 لتشكيل فلطية سن المنشار . والمكثف C_2 هو مكثف قارن يمنع مرور التيار المستمر . والمقاومة R_1 مضادة للاستثارة الذاتية . ويتم الحصول على الانحياز السالب لشبكة صمام الخرج باستخدام نبضات الارتداد الافقى المأخوذة من نقطة تفريع محول الخرج 7 عن طريق المكثف C_3 . والمقاومة R_3 هى فاريستور (مقاومة تعتمد على الفلطية) ، اى هى مقاومة غير خطية تتناسب عكسيا مع الفلطية المسلطة عليها ، فعندما تؤثر عليها نبضة الارتداد الموجبة تقل قيمتها بشدة ويتم شحن المكثف C_3 . ويحافظ هذا المكثف على شحنته خلال الفترات الفاصلة بين نبضات الارتداد (فترات

المسح الفعال) لان قيمة الفاريستور فى هذه الفترات تزداد كثيرا . ونتيجة لذلك يؤثر المكثف C_3 على شبكة صمام الخرج باستمرار بانحياز سالب . وتستخدم المقاومة المتغيرة R_5 لضبط فلطية الانحياز فى المصنع ، او لضبطها عند استبدال الفاريستور اذا ما تطلب ذلك اصلاح الجهاز . وتؤلف المقاومة R_5 مع المقاومة R_6 مقسما للفلطية يوصل بدائرة « المكثف المعزز » C_5 . وتؤخذ من الذراع المحترك لمجزىء الجهد R_5 فلطية موجبة تعوض جزئيا الفلطية السالبة المأخوذة من المكثف C_3 .

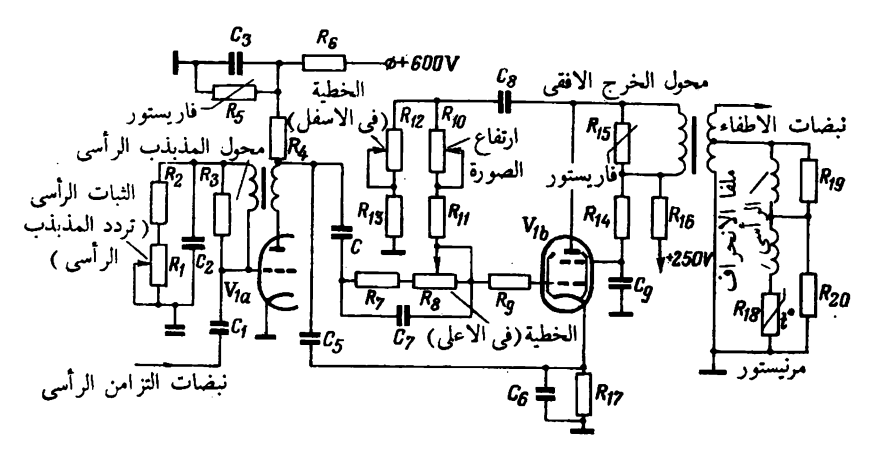
وتعمل الدائرة المكونة من المكثف C_3 والفاريستور R_3 كضابط اوتوماتى لعرض الصورة .

فعندما يقل اتساع نبضات الارتداد ، تقل ايضا الفلطية السالبة التى يسلطها المكثف C_3 على شبكة صمام الخرج ، وعندما يزداد اتساع نبضات الارتداد ، تزداد الفلطية السالبة المسلطة على شبكة الصمام ، وبذلك يظل عرض الصورة ثابتا .

ويوصل ملفا الانحراف على التوازى ، ويوصل المكثف C_7 بهما على التوالى للحصول على تيار انحراف على شكل الحرف S . ويوصل بالملفين على التوالى ايضا ملف ذو قلب من الفريت موضوع بقرب مغنطيس دائم ، بحيث يكون قلب الملف فى حالة تشبع مغنطيسى عند انعدام وجود تيار الانحراف . وتتغير انفاذية قلب الملف عند مرور تيار الانحراف فى الملف تبعا لشدة التيار . ويمكن جعل تغير انفاذية قلب الملف يعوض لاخطية تيار الانحراف بضبط مكان القلب ، وبهذا يتم ضبط خطية المسح الافقى .

ويستخدم المكثف C_8 لتوليف محول الخرج (من اجل ضبط اتساع نبضات الارتداد) .

٢) دائرة المسح الرأسى : يبين الشكل ١٠ ـ ٢٦ دائرة المسح الرأسى المستخدمة فى جهاز التلفزيون УНТ — 47/49 ، وهى تعمل بصمام ثلاثى خماسى طراز 6Φ5Π . وتتميز الدائرة بأنها تضمن استقرار المقاس الرأسى (ارتفاع الصورة) .



الشكل ١٠ — ٢٦ . دائرة مرحلة الخرج الرأسى فى جهاز التلفزيون 47/49 — УНТ

ويعمل المذبذب المانع بالقطاع الثلاثى من الصمام 6Ф5П ، ويتحدد تردده بقيم مكونات الدائرة $R_1R_2C_2$.

ويتم تشكيل فلطية سن المنشار بواسطة شحن المكثف C_5 من خلال المقاومة R_4 . وتتغذى دائرة الشحن لتحسين الخطية بفلطية مرتفعة (+600V) مأخوذة من « الفلطية المعززة » . ويضمن الفاريستور R_5 استقرار الفلطية التى تغذى دائرة الشحن ، اذ انه يؤلف مع المقاومة R_6 مقسم فلطية غير خطى ، تقل نسبة تقسيمه عند زيادة الفلطية وتزداد عند نقصانها .

وتسلط فلطية سن المنشار عن طريق المكثف القارن C_4 ودائرة التحكم فى الخطية $R_7R_8C_7$ على شبكة صمام الخرج (القطاع الخماسى للصمام 6Ф5П). وتستخدم المقاومة R_9 لمنع الاستثارة الذاتية .

ويتم تشكيل مركبة القطع المكافىء بواسطة دائرة التغذية الخلفية السالبة $C_8R_{10}R_{11}R_{12}R_{13}R_9$.

وقد وصل اللوح السفلى للمكثف C_5 بكاثود صمام الخرج لاحداث تغذية خلفية سالبة تحسن استقرار الدائرة .

ويستخدم الفاريستور R_{15} لحماية الملف الانودى لمحول الخرج الرأسى من الانهيار فى فترات الارتداد الرأسى .

ويوصل الثرمستور R_{18} (وهو عبارة عن مقاومة ذات معامل حرارى سالب كبير) على التوالى مع ملفى الانحراف الرأسى ، ويركب فى منظومة الانحراف بين الملفين وحلقة الفريت .

ويستخدم الثرمستور لتعويض ازدياد مقاومة ملفى الانحراف عند ارتفاع درجة حرارتهما نتيجة لمرور التيار فيهما .

وتوصل المقاومتان R_{19} و R_{20} بملفى الانحراف على التوازى من اجل كبت الذبذبات الطفيلية التى تنشأ فى فترات الارتداد الرأسى

البند ١٠ ــ ١٢ دوائر المسح الترانزستورية

١) خصوصيات مولدات المسح الترانزستورية : ان من الضرورى عند تصميم دوائر المسح الترانزستورية ووصف مبدأ تشغيلها مراعاة خصوصيات الترانزستورات التى سبق ان ذكرناها جزئيا فى الفصل التاسع ، وهى :

١ ــ تلزم قدرة كبيرة للتحكم فى الترانزستور ؛

٢ ــ ان الترانزستور اشبه بالمفتاح المثالى من الصمام (اذ ان مقاومة الترانزستور فى حالة التوصيل لا تتعدى اجزاء من الاوم ، بينما تبلغ مقاومة صمام الخرج مئات الاومات) ؛

٣ ــ ان الفلطية المتاحة للترانزستور اقل كثيرا مما للصمام ؛

٤ ــ ان فلطية قطع تيار مجمع الترانزستور قريبة من الصفر ؛

٥ ــ ان نبضة تيار المجمع يمكن ان تبلغ عدة امبيرات ؛

٦ ــ يتميز الترانزستور بقصور ذاتى (تخلف) يظهر عند تشغيله كمفتاح ، وهو يفسر بالسرعة المحدودة لانتشار حوامل الشحنات فى وسط شبه موصل .

ورغم الخصوصيات المذكورة ، تعمل دوائر المسح الترانزستورية بنفس مبدأ الدوائر الصمامية .

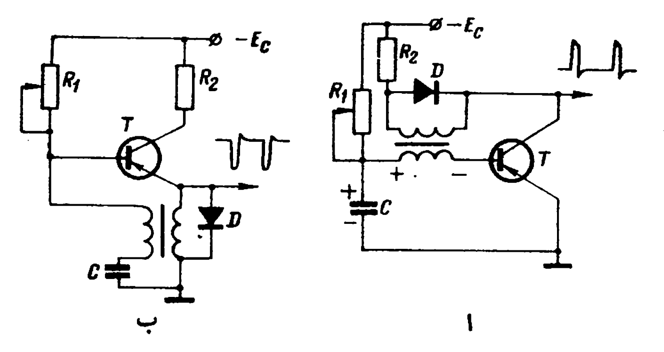
ومما يتميز به مولد المسح الترانزستورى عن الصمامى انه يحتاج الى مرحلة او مرحلتين لتكبير الفلطية الحافزة لمرحلة الخرج . ويفسر ذلك بأن قدرة مذبذب

الترانزستور المستخدم عمليا لا تكفى لحفز مرحلة الخرج ، طالما انه من غير المبرر اقتصاديا استخدام مذبذب كبير القدرة .

وتبرز اكبر الصعوبات عند تصميم مراحل الخرج الافقى الترانزستورية من اجل انابيب الصورة ذات الشاشات الكبيرة ، اذ ان الترانزستورات اللازمة لذلك ينبغى ان تتيح قدرة كبيرة ، وفلطية كبيرة ، وسرعة عالية للقطع والتوصيل .

ولما كانت مثل تلك الترانزستورات تكلف كثيرا ، لذلك انتجت كحل وسط اجهزة تلفزيون ترانزستورية ـ صمامية ، تعمل اساسا بالترانزستورات (حوالى ٢١ ترانزستور فى الجهاز ذى الشاشة ٤٧ سم) وجزئيا بالصمامات (حوالى ثمانية ، اربعة منها فى دائرة المسح الافقى) . ويشتمل جهاز التلفزيون النقالى السوفييتى « يونست » ذو الشاشة ٢٣ سم على ثلاث صمامات ثنائية فقط تستخدم لتقويم الفلطية العالية .

٢) مذبذب المسح : ستعمل فى دوائر المسح الترانزستورية اساسا المذبذب المانع الذى يمتاز عن المذبذب المتعدد بأنه يحتاج الى ترانزستور واحد فقط ويتمتع بثبات افضل عند تغير درجة الحرارة او استبدال الترانزستور.



الشكل ١٠ ـ ٢٧ . دائرة للمذبذب المانع تعمل بترانزستور من طراز $p-n-p$:
أ ـ ذات تقارن بين المجمع والقاعدة ؛ ب ـ ذات تقارن بين الباعث والقاعدة

ويبين الشكل ١٠ ـ ٢٧ دائرتين للمذبذب المانع ، احداهما ذات تقارن بين المجمع والقاعدة والاخرى ذات تقارن بين الباعث والقاعدة .

لنتأمل العمليات التى تجرى فى الدائرة ذات التقارن بين المجمع والقاعدة ، وهى تشبه الدائرة الصمامية ذات « الشبكة الموجبة » (راجع الشكل ١٠ ـ ١٨).

ان دفعة التيار التى تمر فى دائرة المجمع عند توصيل فلطية المنبع E_c تستحث فى الملف الثانوى للمحول قوة دافعة كهربائية تؤثر على القاعدة كفلطية سالبة ، فينخفض تيار القاعدة ويزداد تيار المجمع اكثر فأكثر . ويقوم تيار القاعدة بشحن المكثف C ، فيظهر بين لوحى المكثف فرق جهد يؤدى الى جعل الترانزستور فى حالة القطع . وبعد ذلك يبدأ شحن المكثف C فى الاتجاه المعاكس عن طريق المقاومة R_1 والمنبع E_c .

ولا يكاد جهد المجمع يهبط الى الصفر حتى يصبح الترانزستور فى حالة التوصيل ، لتبدأ من جديد عملية اعادة التوليد . وتتحدد مدة دور التذبذب بالثابت الزمنى للدائرة CR_1 ، بينما يتحدد امد نبضات الخرج بالثابت الزمنى لدائرة شحن المكثف C عندما يكون الترانزستور فى حالة التوصيل ، اى يتحدد بالسعة C ومقاومة الوصلة « القاعدة ــ الباعث » .

وتستخدم المقاومة R_2 للحد من شدة تيار المجمع ، بينما يستخدم الثنائى D الموصل على التوازى مع ملف المحول لحماية الترانزستور من الانهيار عند تأثير اندفاعات الفلطية فى فترات الارتداد .

ويمكن تحسين استقرار المذبذب المانع بواسطة دائرة « دق » (دائرة استقرار) توصل بدائرة الباعث .

وتسلط نبضات المزامنة عادة على دائرة القاعدة . ويعمل المذبذب المانع احيانا بمحول ذى ثلاث ملفات ، يستخدم احدها لتسليط نبضات المزامنة .

وتتم مزامنة دوائر المسح الترانزستورية عادة بواسطة التحكم الاوتوماتى فى التردد والطور .

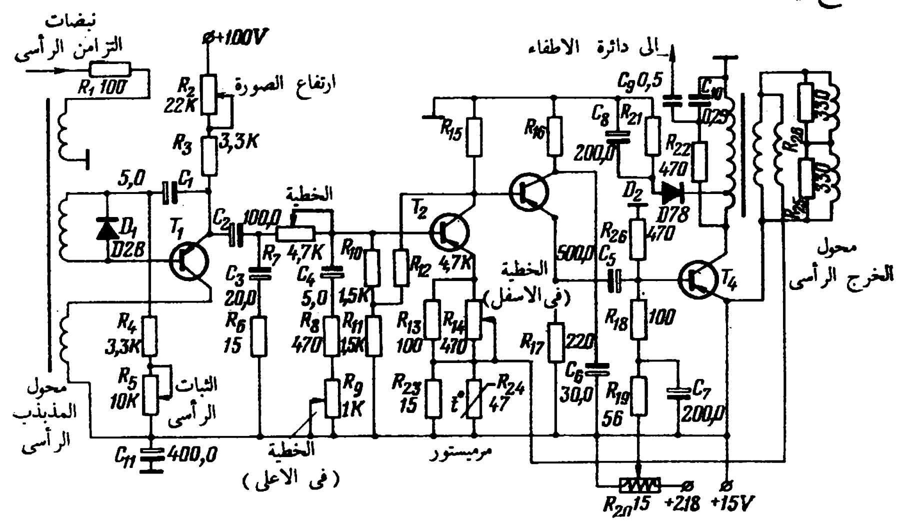
البند ١٠ ــ ١٣ دائرة المسح الرأسى الترانزستورية

لنتأمل على سبيل المثال دائرة المسح الرأسى لجهاز تلفزيون سوفييتى من الصنف الثانى ذى انبوب صورة كبيرة الزاوية قطر شاشته ٤٧ سم (الشكل ١٠ ــ ٢٨) .

يستخدم فى هذه الدائرة مذبذب مانع ذو تقارن بين المجمع والقاعدة ، ويعمل المذبذب بمحول ذي ثلاث ملفات يستخدم احدها لتسليط نبضات

التزامن الرأسي . ويتحدد تردد المسح الرأسي بقيم الدائرة $C_1 R_4 R_5$. وتتم الحماية من اندفاعات الفلطية بواسطة الثنائي D_1 .

وتستخدم الدائرة المكونة من المقاومات R_2 و R_3 و R_4 والمكثف C_3 لتشكيل موجة سن المنشار ذات المركبة النبضية . والمكثف C_2 هو مكثف قارن (مانع للتيار المستمر) . ويسلط على باعث الترانزستور جهد مرتفع يساوى + ١٠٠ فولط من مقوم خاص ، لتحسين خطية موجة سن المنشار . وطالما ان جهد الموصل الارضي هو + ١٥ فولط ، فان فلطية منبع مجمع المذبذب المانع يساوى ١٠٠ ــ ١٥ = ٨٥ فولط .



الشكل ١٠ ــ ٢٨ . دائرة المسح الرأسي في جهاز تلفزيون يعمل بالصمامات والترانزستورات

ويتم تصحيح خطية المسح الرأسي بواسطة الدائرة $R_7 C_4 R_8 R_9$ التي تلي المذبذب المانع . ويجرى تكبير الفلطية الحافزة لمرحلة الخرج بواسطة الترانزستور T_2 الذى يعمل بطريقة الباعث المشترك والترانزستور T_3 الذى يعمل كتابع باعثي (اى يعمل بطريقة المجمع المشترك ، اذ ان مجمعه مؤرض بالنسبة الى التيار المتردد بواسطة المكثف C_8 ذى السعة الكبيرة) . ويقرن الترانزستوران T_2 و T_3 مباشرة بدون مكثف مانع (قارن) . وتستخدم لتحسين استقرار مرحلة الترانزستور T_2 دائرة تغذية خلفية سالبة مكونة من المقاومات R_{12} و R_{10} و R_{11} .

وتصل الفلطية الحافزة من باعث الترانزستور T_3 الى قاعدة ترانزستور الخرج T_4 عن طريق دائرة التقارن $C_5 R_{18} R_{19} R_{20}$. وتتحدد حالة تشغيل ترانزستور الخرج T_4 بواسطة جهد الانحياز المأخوذ من منبع مستقل عن طريق مقسم الفلطية $R_{26} R_{18} R_{19} R_{20}$. ويتم ضبط جهد الانحياز عند استبدال الترانزستور بواسطة مقاومة متغيرة سلكية R_{20} . وتستخدم الدائرة $R_{19} C_7$ لترشيح مويجات منبع فلطية الانحياز .

ويوصل ملفا الانحراف بدائرة مجمع ترانزستور الخرج عن طريق محول تهفيق . ويتم كبت الذبذبات الطفيلية الناشئة فى فترات الارتداد الرأسى بواسطة الدائرة $R_{22} C_{10}$.

وتستخدم الدائرة المكونة من الثنائى D_2 والدائرة $C_8 R_{21}$ للحد من اتساع نبضات الارتداد .

ومما يحسن استقرار دائرة المسح الرأسى (مراحل التكبير الثلاث) التغذية الخلفية السالبة التى توصل فلطيتها من ملف خاص لمحول الخرج الى باعث ترانزستور مرحلة التكبير الاولى .

ويضمن الثرميستور R_{24} ثبات قيمة مقاومة دائرة التغذية الخلفية السالبة عند تغير مقاومة ملفى الانحراف الرأسى نتيجة لتسخينهما بالتيار المار فيهما .

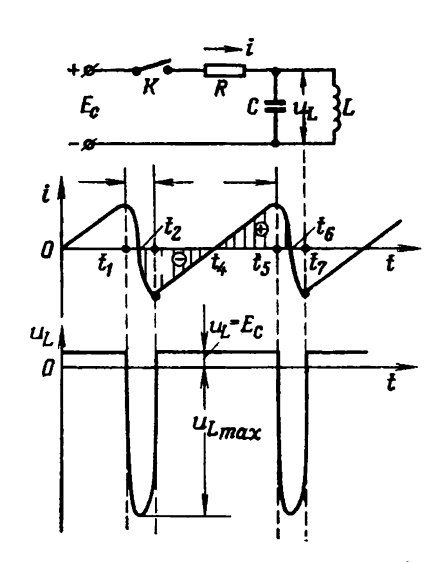
البند ١٠ ــ ١٤ مرحلة الخرج الافقى الترانزستورية

١) الدائرة المثالية : يوضح الشكل ١٠ ــ ٢٩ مبدأ عمل اكثر مولدات المسح الترانزستورية شيوعا . ويتميز المفتاح S بأنه ذو موصلية ثنائية الاتجاه . وتولف دائرة الرنين المكونة من محاثة ملفى الانحراف وسعتهما الموزعة ، بحيث يكون نصف دور تذبذبها مساويا لفترة الارتداد (الفترة التى يكون المفتاح S خلالها فى حالة القطع) .

وعندما يكون المفتاح S فى حالة التوصيل ، يتم شحن السعة الموزعة C بفلطية المنبع E_c شحنا سريعا ، ويتزايد التيار المار فى ملفى الانحراف L تزايدا أسيا . واذا كان الثابت الزمنى للملفين اكبر كثيرا من فترة المسح الفعال

(الفترة التى يكون المفتاح S خلالها فى حالة التوصيل) ، فان تزايد التيار اثناء تلك الفترة (فى بداية المنحنى الأسى) يمكن ان يعتبر تزايدا خطيا ، بحيث تكون القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بالحث الذاتى ثابتة القيمة . ويقوم ملفا الانحراف خلال فترة المسح الفعال بتخزين الطاقة فى مجالهما المغنطيسى .

وعندما يصبح المفتاح فى حالة القطع (فى اللحظة t_1) ، تبدأ دائرة الرنين بالتذبذب الطليق ، فتنتقل الطاقة المخزونة فى محاثة الملفين L الى السعة



الشكل ١٠ — ٢٩ . الدائرة المثالية لمرحلة الخرج الافقى التى تعمل بمفتاح ذى موصلية ثنائية الاتجاه ، والاشكال الموجية للتيار والفلطية

C (فى اللحظة t_2) ، ثم تنتقل ثانية الى المحاثة L . وعندئذ ينعكس اتجاه التيار المار فى الملفين والقوة الدافعة الكهربائية المستحثة فيهما . وتبلغ فلطية دائرة الرنين U_L فى اللحظة t_2 قيمتها العظمى التى تفوق كثيرا فلطية المنبع E_c .

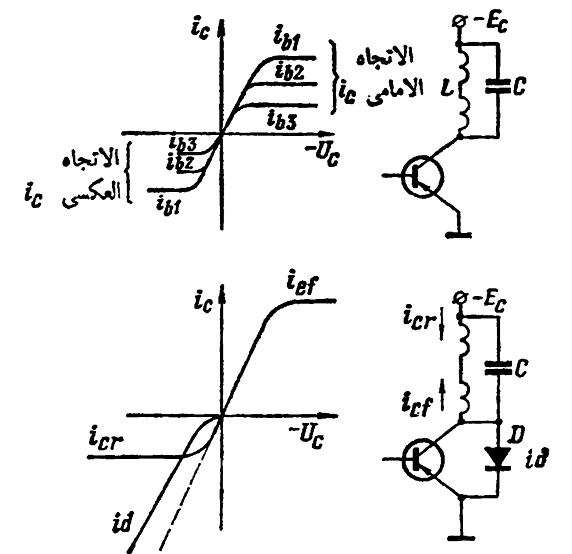
وفى اللحظة t_3 يصبح المفتاح فى حالة التوصيل ويبدأ المسح الفعال من جديد . ومنذ اللحظة t_3 حتى اللحظة t_4 تنتقل طاقة ملفى الانحراف الى المنبع E_c (طالما ان التيار يمر بالمنبع خلال تلك الفترة فى الاتجاه السالب ، وتسمح بذلك موصلية المفتاح ثنائية الاتجاه) . ومنذ اللحظة t_4 حتى اللحظة t_5 يقوم الملفان بتخزين الطاقة التى يحصلان عليها من المنبع ثانية .

وفى الحالة المثلى (حالة عدم حدوث فقد) يعيد ملفا الانحراف الى المنبع طاقة مساوية للطاقة التى يحصلان عليها ، اى ان مساحة منطقة القيم السالبة لتيار الانحراف تساوى مساحة منطقة القيم الموجبة ، ومن ثم تكون المركبة المستمرة للتيار مساوية للصفر .

وفى الحالة الحقيقية (عند حدوث فقد) تكون الطاقة التى يعيدها الملفان

اقل من الطاقة التى يحصلان عليها ، فيختل تماثل الشكل الموجى للتيار بالنسبة الى محور الزمن ، ومن ثم تمر فى الملفين مركبة تيار مستمر .

٢) الدائرة الحقيقية : يقوم الترانزستور فى الدائرة الحقيقية (الشكل ١٠ — ٣٠ — أ) بوظيفة مفتاح ذى موصلية ثنائية الاتجاه . فاذا سلطنا على ترانزستور طراز $p—n—p$ فلطية عكسية E_c (اى اذا وصلنا القطب الموجب للمنبع E_c الى المجمع والقطب السالب الى الباعث) ، واذا سلطنا على القاعدة جهدا سالبا بالنسبة الى المجمع (موجبا بالنسبة الى الباعث) ، فان المجمع يقوم



الشكل ١٠ — ٣٠. دائرة المسح الافقى الترانزستورية : أ — الدائرة المبسطة ؛ ب — منحنيات خصائص مجمع الترانزستور ؛ ج — دائرة تحتوى على ثنائى للتماثل ؛ د — المنحنى المميز للمفتاح الترانزستورى المتماثل

بوظيفة الباعث والعكس بالعكس . ولكن الموصلية العكسية للترانزستور لا تماثل تماما الموصلية الامامية ، لأن تركيز حوامل الشحنات (الثقوب) فى منطقة الباعث اعلى من تركيزها فى منطقة المجمع ، ولذلك يكون التيار الامامى للترانزستور اكبر من تياره العكسى .

ويمكن الحصول على مفتاح متماثل (ذى موصلية متماثلة فى الاتجاهين الامامى والعكسى) اذا وصلنا ثنائى مخمد D على التوازى مع الترانزستور .

ويطلق على الثنائى اسم المخمد لانه يشبه جزئيا بعمله المخمد المستخدم فى مرحلة الخرج الافقى الصمامية . ولكن الوظيفة الاساسية للثنائى المستخدم فى مرحلة الخرج الافقى الترانزستورية هى جعل موصلية المفتاح متماثلة . وعندما يكون الترانزستور فى حالة التوصيل الامامى (فى الفترة $t_4—t_5$) ، يكون الثنائى D فى حالة القطع . وفى وقت التوصيل العكسى من خلال الترانزستور (فى الفترة $t_3—t_4$) يبدأ الثنائى D بالتوصيل ويضاف تياره الى تيار الترانزستور. وهكذا يمكن تحقيق تماثل كل من المنحنيات المميزة لتيار وفلطية (مجمع) المفتاح الترانزستورى ، كما مبين فى الشكل ١٠ — ٣٠ — د .

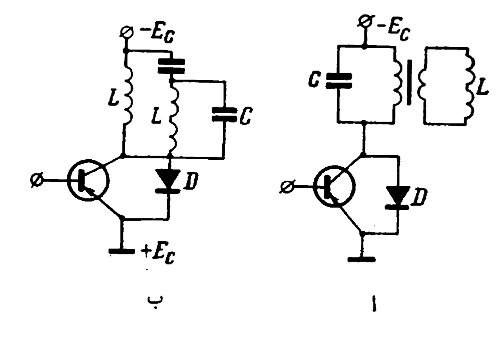
٣) طرائق توصيل ملفى الانحراف : ان فقد الطاقة يؤدى كما ذكرنا الى ظهور مركبة تيار مستمر تمر فى ملفى الانحراف ، فتسبب انزياحا افقيا للهيكل الخطى على شاشة انبوب الصورة . ويمكن تعويض ذلك الانزياح بواسطة مغنطيسات دائمة ، ولكن استخدام هذه المغنطيسات غير مرغوب فيه .

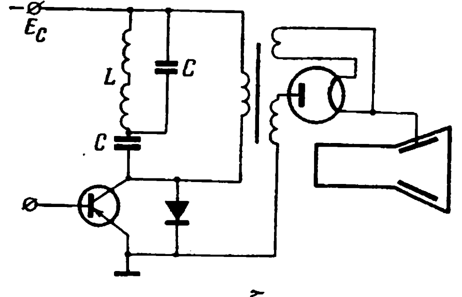
ولذلك يوصل ملفا الانحراف عن طريق محول او ملف خانق ومكثف مانع (الشكل ١٠ — ٣١) .

وعند التوصيل عن طريق محول، يمكن باختيار نسبة لفاته استخدام اى ملفى انحراف جاهزين .

اما اذا تم التوصيل عن طريق ملف خانق ومكثف مانع ، فينبغى ان يكون ملفا الانحراف مصممين خصيصا.

يستخدم المكثف المانع C_b لغرضين : فهو يمنع المركبة المستمرة من المرور بملفى



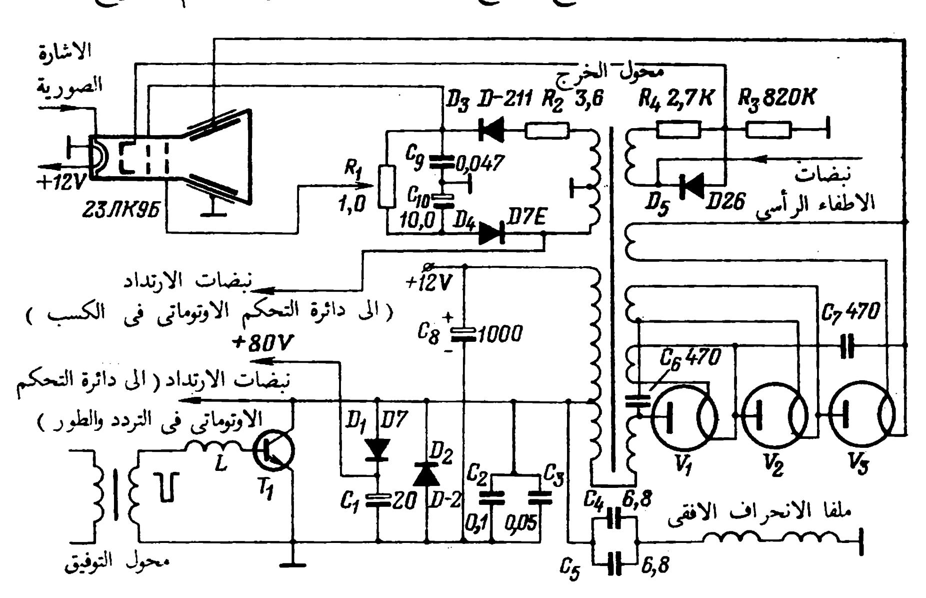


الشكل ١٠ — ٣١ . طرائق توصيل ملفى الانحراف (أ و ب) والحصول على الفلطية العالية اللازمة لتغذية أنود أنبوب الصورة (ج) .

الانحراف ، ويجعل تيار الانحراف على شكل الحرف S . وميزة توصيل ملفى الانحراف عن طريق ملف ومكثف هى غياب تأثير المحاثات الشاردة وقلة فقد القدرة .

٤) الحصول على الفلطية العالية من اجل تغذية انبوب الصورة : يتم الحصول على الفلطية العالية اللازمة لتغذية انود انبوب الصورة بواسطة محول نبضى يتحمل فلطية عالية يوصل ملفه الابتدائى بدائرة مرحلة الخرج كما فى مولدات المسح الصمامية .

طالما ان اتساع نبضات فلطية المجمع الناتجة فى فترات الارتداد يبلغ حوالى ٢٠٠ فولط (بينما يبلغ اتساع فلطية نبضات انود صمام الخرج عدة



الشكل ١٠ – ٣٢. دائرة نموذجية لمرحلة خرج أفقى تعمل بالترانزستور (تستخدم فى الجهاز السوفييتى « يونست »)

كيلوفولطات) ، فان الحصول على فلطية عالية في اجهزة التلفزيون الترانزستورية يستلزم استخدام مضاعفات للفلطية تعمل بصمامات ثنائية او ثنائيات بلورية عالية الفلطية .

٥) دائرة نموذجية لمرحلة الخرج الافقى الترانزستورية : لنتأمل على سبيل المثال الدائرة المستخدمة فى جهاز التلفزيون النقالى « يونست » (الشكل ١٠ –

٣٢) وتعمل مرحلة الخرج فى هذه الدائرة بترانزستور طراز $n—p—n$. وتسلط النبضات الحافزة على قاعدة الترانزستور عن طريق محول توفيق . وتلك النبضات هى نبضات مستطيلة الشكل سالبة القطبية . ويوصل ملفا الانحراف بمجمع الترانزستور عن طريق سعة مانعة (تتألف من C_4 و C_5) . وتسلط فلطية المنبع على المجمع عن طريق الملف الابتدائى لمحول الخرج ، ويقوم هذا الملف بدور ملف خانق . وتستخدم السعة المكونة من المكثفين C_2 و C_3 لتحديد فترة الارتداد . والثنائى البلورى D_2 هو المخمد ، بينما D_1 هو مقوم الفلطية (+ ٨٠ فولط) اللازمة لتغذية مجمع المكبر الصورى . وتستخدم الصمامات الثنائية الثلاث V_1 و V_2 و V_3 كمقوم مضاعف للفلطية ثلاث مرات من اجل الحصول على الفلطية العالية اللازمة لانبوب الصورة . ويعمل الثنائى البلورى D_5 كمقوم للفلطية المسلطة على شبكة تحكم انبوب الصورة ، بينما يستخدم D_3 و D_4 لتقويم الفلطيات اللازمة لالكترودات مدفع الالكترونات .

الفصل الحادى عشر

قنوات ارسال الاشارات التلفزيونية

البند ١١ – ١ الارسال اللاسلكى للاشارات التلفزيونية

١) مدى الموجات : ان اللاسلكى هو الوسيلة الاكثر شيوعا لارسال الاشا رات التلفزيونية . ويستخدم اللاسلكى لاذاعة الصور التلفزيونية على اوسع نطاق جماهيرى .

ولكن خصائص الاشارات التلفزيونية تحد من مدى الموجات اللاسلكية الصالحة لارسالها . ويتحدد التردد الادنى لهذا المدى بعاملين :

العامل الاول هو ان طرائق التعديل المعروفة حاليا تستلزم ان يكون تردد الموجة الحاملة اعلى بحوالى ٨ – ١٠ مرات من اقصى تردد لاشارة التعديل .

والعامل الثانى هو ان الموجات القصيرة التى يزيد طولها عن ١٠ م قادرة على الانعكاس عن الايونوسفير (الجو المتأين) ، فلا يمكن استخدامها لارسال الاشارات التلفزيونية ذات النطاق الترددى العريض ، لأن الموجات المنعكسة عن الطبقات المختلفة للايونوسفير تصل الى جهاز الاستقبال بمسارات مختلفة ، فتنتج على شاشته صورا متزاحة بالنسبة الى بعضها ، كما ان المركبات الترددية الجانبية تنعكس عن الايونوسفير بدرجات مختلفة ، مما يؤدى الى تشويه الشكل الموجى للاشارة ، بالاضافة الى ان ازدحام مدى الموجات القصيرة بالعدد الهائل من المحطات اللاسلكية يسبب كثيرا من التداخلات فيما بينها .

وعلى هذا النحو يتبين ان الحد الادنى لترددات اللاسلكى الصالحة للارسال التلفزيونى بجودة عالية يساوى حوالى ٤٠ ميجاهرتز (اى يقابل طولا موجيا قدره ٧,٥ م تقريبا) .

اما الحد الاعلى لمدى ترددات الارسال التلفزيونى ، فهو يتحدد اساسا بخصائص انتشار الموجات اللاسلكية . وتبين الابحاث ان الموجات التى

يقل طولها عن ٣ سم (اى يزيد ترددها عن ١٠٠٠٠ ميجاهرتز) تعانى من توهين شديد فى الجو ، كما تستطير (تنتشر) بحدة فى الضباب والدخان والترسبات الجوية وما الى ذلك . ولذلك يعتبر التردد ١٠٠٠٠ ميجاهرتز الحد الاعلى لمدى الترددات الصالح للتلفزيون .

وعلى هذا النحو يصلح لارسال الاشارات التلفزيونية مدى واسع من الترددات يمتد من ٤٠ ميجاهرتز حتى ١٠٠٠٠ ميجاهرتز ؛

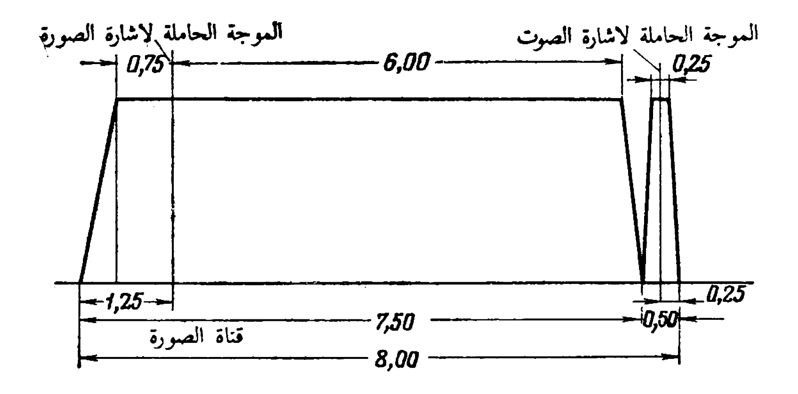
٢) التعديل : يستخدم لارسال الاشارات التلفزيونية عمليا تعديل الاتساع او تعديل التردد .

والميزة الاساسية لتعديل الاتساع هى ان الاشارة المعدلة تشغل نطاقا ترددیا ضيقا نسبيا . ولكن هذا النطاق الضيق نسبيا يكون عريضا جدا عند ارسال الاشارات التلفزيونية . فكما هو معروف ، يتشكل عند تعديل الاتساع نطاقان ترددیان جانبيان، عرض كل منهما يساوى عرض نطاق اشارة التعديل.

فاذا كان اقصى تردد لاشارة التعديل F_m يساوى ٦ ميجاهرتز ، فان نطاق ترددات الاشارة المعدلة هو $f_c \pm F_m$، اى ان عرضه يساوى ١٢ ميجاهرتز ، وهذا كبير جدا . ولذلك ، طالما ان كلا من النطاقين الجانبيين يحتوى على المعلومات الواجب ارسالها ، فان من المرغوب فيه ان يتم الارسال بنطاق جانبى مفرد ، كما هو الحال فى هندسة الاتصالات . ولكن النطاقين الجانبيين العلوى والسفلى للطيف التلفزيونى قريبان بعضهما الى بعض لدرجة انه يستحيل فصل احدهما عن الاخر فصلا تاما . ولذلك تلجأ الاذاعة التلفزيونية الى الكبت الجزئى لاحد النطاقين الجانبيين ، على الاخص مركباته الترددية التى تبعد عن تردد الموجة الحاملة اقل من ٠,٧٥ ميجاهرتز . وكما يبين الشكل ١١ — ١ ، يظل النطاق الذى تشغله محطة الاذاعة التلفزيونية عريضا جدا حتى باستخدام طريقة الارسال الجزئى للنطاق الجانبى . وتشغل قناة الصورة بهذه الطريقة ٧,٥ ميجاهرتز * ، بينما يخصص لقناة الصوت المصاحب للصورة ٠,٥ ميجاهرتز.

---

* هذا فى النظام التلفزيونى السوفييتى ، اما فى النظام الاوروبى الغربى (المتبع فى البلدان العربية) ، فان عرض قناة الصورة والفرق بين ترددى الموجتين الحاملتين للصوت والصورة اقل بقدر ميجاهرتز واحد (انظر الجدول ١١ — ١٠) .



الشكل ١١ – ١. ترتيب طيفى اشارتى الصورة والصوت فى قناة الاذاعة التلفز يونية طبقا للنظام القياسى السوفييتى

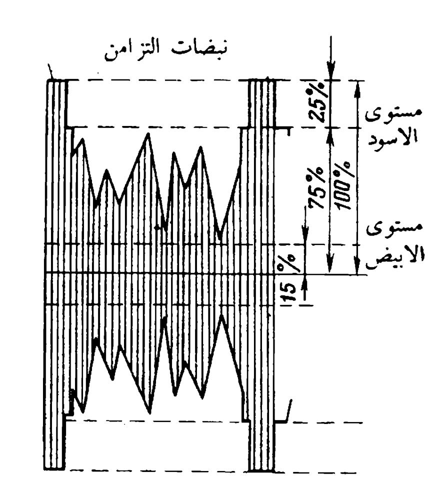
ويتم تصحيح التشوهات الناجمة عن الكبت الجزئى لأحد النطاقين الجانبيين بتوليف جهاز الاستقبال توليفا خاصا ، كما مبين فى الفصل ١٣ . ويكفى لذلك الا تمس الترددات التى تبعد عن الموجة الحاملة اقل من ٠,٧٥ ميجاهرتز بالمرشحات التى تقوم بالكبت الجزئى فى جهاز الارسال .

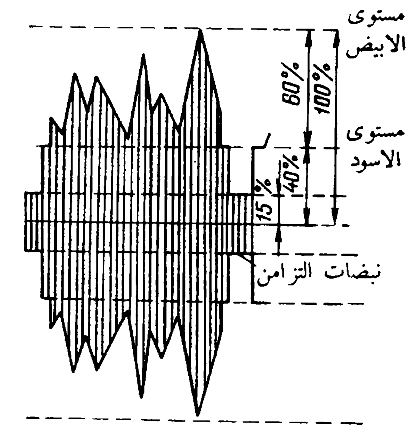
ولكن تعديل التردد ، على الرغم من العيب المذكور (كبر عرض نطاق الاشارة المعدلة) . يمتاز بمزايا كثيرة اهمها انه (عندما يكون انحراف التردد كبيرا لدرجة كافية) يضمن الحصول على نسبة اشارة الى ضوضاء افضل كثيرا من النسبة التى نحصل عليها فى حالة تعديل الاتساع .

وتستخدم طريقة تعديل التردد لارسال الاشارات التلفزيونية فى منظومات الارحال اللاسلكى العاملة فى مدى الترددات فوق العالية (*SHF*) .

٣) قطبية التعديل : طالما ان نصوع اى نقطة من نقط الشئ المتلفز لا يمكن ان يكون سالبا ، فان قلطية الاشارة الصورية تكون دائما وحيدة القطبية . ولذلك يمكن ان يتم تعديل اتساع موجة جهاز الارسال على شكلين : فاذا كان الانتقال من جزء نير من الصورة الى جزء مظلم يؤدى الى زيادة القدرة التى يشعها جهاز الارسال ، فان تعديل الاتساع يسمى تعديلا سالبا ، واذا كان الانتقال من الجزء النير الى الجزء المظلم يسبب نقصا فى القدرة المشعة ،

فان تعديل الاتساع يسمى تعديلا موجبا . ويبين الشكل ١١ – ٢ الشكل الموجى للاشارة المعدلة من حيث الاتساع فى حالتى التعديل السالب والتعديل الموجب .





الشكل ١١ – ٢ . الشكل الموجى للاشارة التلفزيونية فى حالتى التعديل السالب (فى الاعلى) والتعديل الموجب (فى الاسفل)

وعند استخدام تعديل التردد لا تولى اهمية لقطبية اشارة التعديل عادة، بينما تتسم باهمية بالغة فى حالة تعديل الاتساع .

وترجع اهمية قطبية تعديل الاتساع الى سببين :

أ – عند استخدام التعديل السالب ، ينجم عن تأثير الضوضاء النبضية على الكترود تحكم انبوب الصورة ان تظهر على الشاشة اساسا نقط وشرط سوداء غير ملحوظة للعين نسبيا ، ولكن نبضات الضوضاء تؤثر على التزامن تأثيرا كبيرا . وفى حالة التعديل الموجب ، يؤدى تأثير الضوضاء النبضية الى ظهور نقط وبقع بيضاء ساطعة على الشاشة ، كما تؤدى الى الحفز الزائد لانبوب الصورة واختلال تركيز الشعاع الماسح وحتى « احتراق » الشاشة ، ولكن نبضات الضوضاء لا تؤثر عمليا على استقرار التزامن . ويلاحظ عمليا ان تأثير الضوضاء فى الحالة الاولى (حتى اذا استخدمت دوائر التزامن البسيطة) يمكن أقل مما فى الحالة الثانية . وتزداد افضلية التعديل السالب لدرجة كبيرة عند استخدام دوائر التزامن الحصينة ضد الضوضاء .

ب – يتيح التعديل السالب امكانية استخدام جهاز الارسال لاشعاع قدرة اعلى بالاستفادة من الجزء اللاخطى العلوى من المنحنى المميز لكل من صمامات المرحلة المعدلة والمكبرات التى تليها ، لان نقصان اتساع نبضات التزامن نتيجة للاخطية المنحنى المميز يمكن ان تتعوض بزيادة اتساع نبضات التزامن قبل التعديل .

ونظرا لما يمتاز به التعديل السالب ، فهو يستخدم فى الانظمة التلفزيونية لاغلب بلدان العالم .

٤) استقطاب الموجة المشعة : ان وضع هوائى الارسال يحدد اتجاهى المجالين الكهربائى والمغنطيسى للموجة اللاسلكية ، اى يحدد كما يقال استقطابها . ويناظر استقطاب الموجة المستوى الذى يقع فيه متجه المجال الكهربائى E .

ورغم ان الاستقطاب الافقى والاستقطاب الرأسى متكافئان فى الفضاء المطلق ، نجد ان كلا منهما يمكن ان يمتاز عن الآخر فى الظروف الحقيقية تبعا للقرب من سطح الارض والمبانى ومصادر الضوضاء .

وتمتاز الموجات اللاسلكية ذات الاستقطاب الافقى بأنها اكثر قدرة على النفاذ من خلال العوائق الى ما وراء الافق ، وتعطى فى هذه الظروف اشارة اقوى ، مع انها تعطى اشارة اضعف بقرب الارض على خط النظر بين هوائيى الارسال والاستقبال .

وفى حالة الاستقطاب الافقى يقل تأثير تداخل الموجات المنعكسة عن المنشآت الرأسية الموجودة فى المدن بكثرة (المبانى والاعمدة وما الى ذلك) ، وبذلك يقل خفوت الاشارة ، كما تضعف الاشباح (الاخيلة المتكررة) التى تظهر فى الصورة نتيجة للانعكاسات .

وكذلك يخف تأثير التداخلات الناتجة عن دورات الاشتعال (فى السيارات وغيرها) ، اذ ان المركبة المستقطبة رأسيا هى الاقوى فى اغلبها .

واخيرا فان ما تمتاز به الموجات المستقطبة افقيا ، هو ان الهوائيات الافقية الاتجاهية المخصصة لاستقبالها ابسط تصميما من الهوائيات الرأسية .

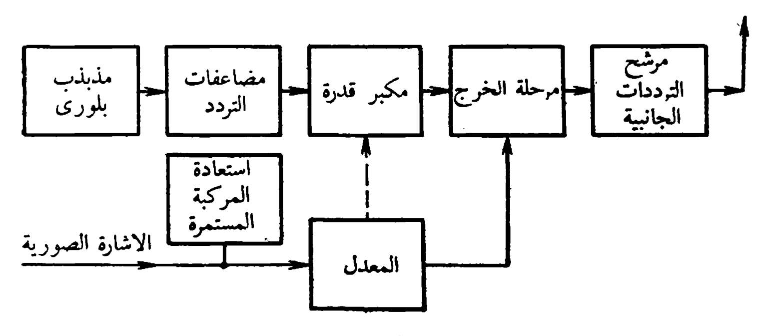
ومن الممكن تركيب الهوائيات الافقية على صوارى معدنية . وتسمح الانتقائية الاتجاهية فى المستوى الافقى باضعاف تأثير التدخلات والموجات المنعكسة .

ومراعاة لكل ما ذكر ، اختير الاستقطاب الافقى للارسال التلفزيونى فى الاتحاد السوفييتى واغلب البلدان الاخرى .

البند ١١ – ٢ جهاز الارسال

١) العناصر الاساسية لجهاز الارسال التلفزيونى : يبين الشكل ١١ – ٣ رسما تخطيطيا للمراحل الاساسية لجهاز الارسال التلفزيونى .

ويتم توليد الموجة الحاملة بواسطة مذبذب بلورى وسلسلة من مضاعفات التردد . ويعمل المذبذب البلورى كمصدر اولى للذبذبات ، يبلغ تردده ٥ – ١٠ ميجاهرتز ، وتضمن استقراره بلورة كوارتز .



الشكل ١١ – ٣ . الرسم التخطيطى لمراحل جهاز الارسال التلفزيونى

ويتم الحصول على القدرة اللازمة لجهاز الارسال باستخدام عدة مراحل تكبير .

ويمكن ان يجرى التعديل فى اى مرحلة من مراحل جهاز الارسال باستثناء المذبذب الذى يقل استقراره بحدة لو اجرى التعديل فيه .

ويتطلب تعديل مرحلة الخرج (التعديل على مستوى عال) قدرة كبيرة من المعدل ، ومن ثم يتطلب تكبير الاشارة الصورية بنسبة عالية ، ويستلزم استخدام مرشح معقد للكبت الجزئى لأحد النطاقين الجانبيين ، ولكنه يسمح

بتبسيط مراحل التكبير السابقة لمرحلة الخرج ، لانها يجب ان تصمم فى هذه الحالة لتكبير الموجة الحاملة فقط .

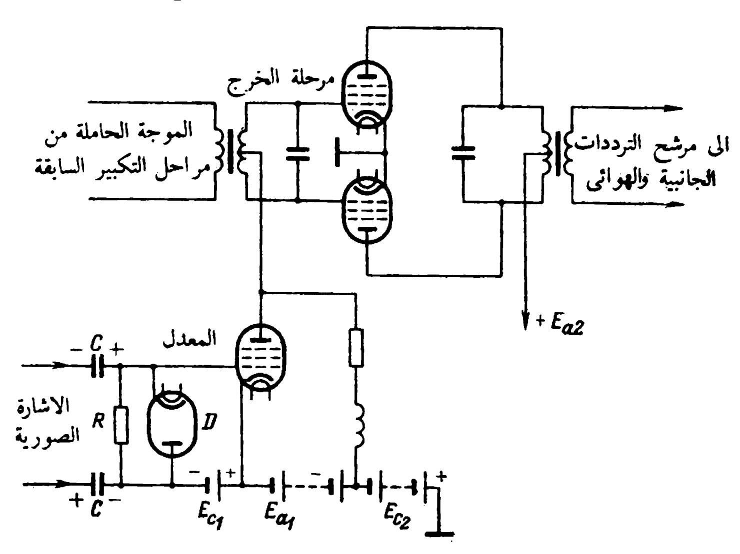
اما تعديل احدى مراحل التكبير الوسطى (التعديل على مستوى متوسط) او تعديل احدى مراحل التكبير الاولى (التعديل على مستوى منخفض) ، فهو يتطلب ان تكون مراحل التكبير التى تلى المرحلة المعدلة قادرة على تكبير نطاق ترددى عريض ، مما يقلل من كسبها ، غير ان القدرة المطلوبة من المعدل تصبح اقل ، كما يمكن الاستغناء عن المرشح الخاص بالكبت الجزئى لأحد النطاقين الجانبيين ، اذ ان هذا الكبت يمكن ان يتم بتوليف مناسب للمراحل التى تتبع المرحلة المعدلة .

ويلاحظ فى الوقت الحاضر ميل متزايد لاستخدام التعديل على مستوى منخفض او متوسط .

ويستخدم عادة التعديل الشبكى لأنه يتطلب من المعدل قدرة اقل .

٢) ارسال المركبة المستمرة : ان ارسال المركبة المستمره للاشارة الصورية يستلزم استعادة هذه المركبة قبل التعديل .

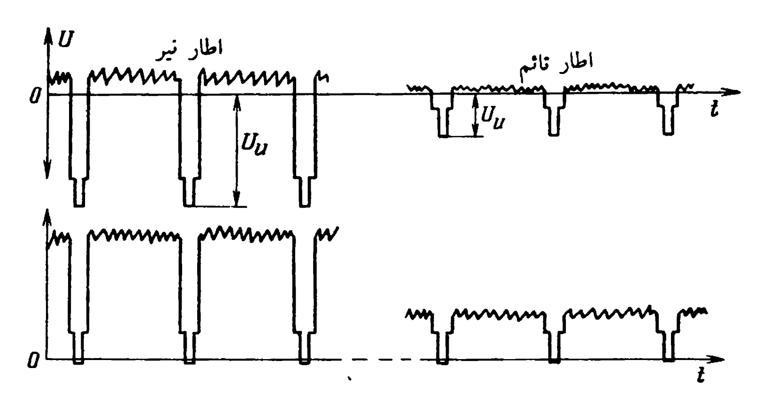
ويبين الشكل ١١ – ٤ دائرة مبسطة لمرحلة خرج جهاز ارسال يعمل



الشكل ١١ – ٤ . رسم مبسط لمرحلة خرج جهاز ارسال يستخدم فيها التعديل الشبكى واستعادة المركبة المستمرة

بالتعديل الشبكى ، وتتم فيه استعادة المركبة المستمرة بواسطة المكثفين C والثنائى D .

ولو لم يوجد الثنائى D ، لما احتوت الاشارة المسلطة على شبكة الصمام المعدل على مركبة مستمرة ، ولكان شكلها الموجى كما مبين فى الشكل ١١ ـ ٥ ـ أ . واذا وجد الثنائى D ، فهو يبدأ بالتوصيل عندما يأتى الى كاثوده

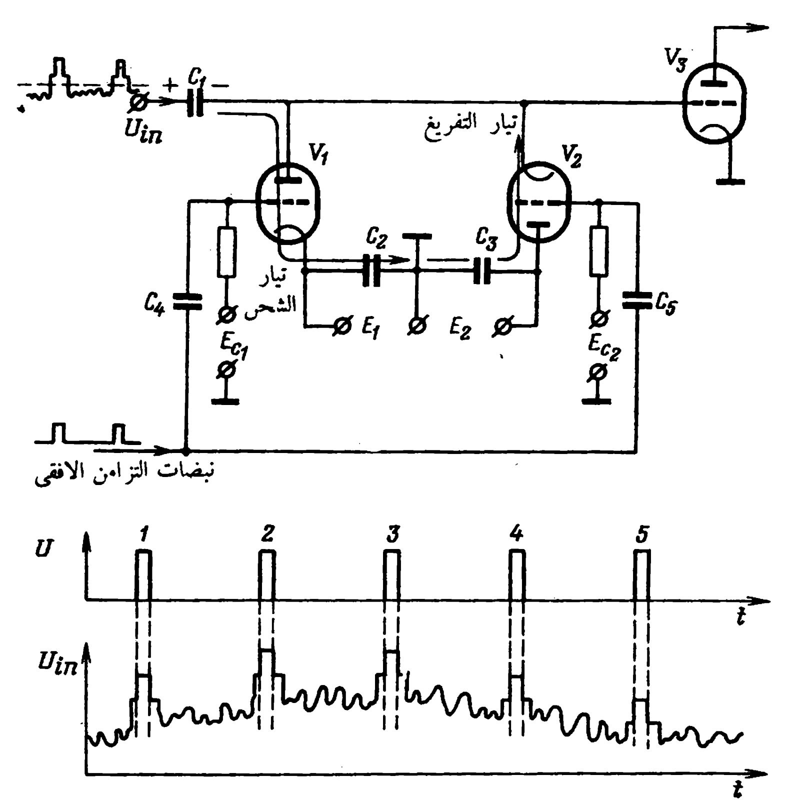


الشكل ١١ ـ ٥. الشكل الموجى للاشارة الصورية : أ ـ فى حالة عدم وجود المركبة المستمرة ؛ (الرسم العلوى) وبعد استعادة المركبة المستمرة (الرسم السفلى)

الجزء السالب من الاشارة (نبضة التزامن وجزء من نبضة الاطفاء) ، ويشحن بتياره المكثفين C حتى فلطيتين يساوى مجموعهما المقدار U . وبعد انتهاء نبضة الاطفاء تنعكس قطبية الاشارة ويصبح الثنائى فى حالة القطع بتأثير فلطيتى المكثفين C اللذين يبدآن بتفريغ شحنتيهما عن طريق المقاومة R . ويختار الثابت الزمنى لدائرة التفريغ ، بحيث لا يكاد المكثفان C يفرغان جزءا ملحوظا من شحنتيهما حتى تصل نبضة الاطفاء التالية ، فيتم شحنهما من جديد. وتبقى فلطية المكثفين C ثابتة تقريبا ومساوية U ، وتضاف الى الاشارة الصورية فترفعها كما مبين فى الشكل ١١ ـ ٥ ـ ب . ونتيجة لذلك يظل مستوى نبضات التزامن ثابتا وقريبا من جهد منبع انود الثنائى سواء أكان الاطار (الصورة) نيرا او مظلما . وهكذا نجد ان المركبة المستمرة قد استعيدت . ويتم توصيلها الى شبكة المرحلة المعدلة فى جهاز الارسال بتوصيل انود المعدل بتلك المرحلة توصيلا مباشرا .

وتتصف دائرة استعادة المركبة المستمرة التى تعرضنا لدراسة مبدأ عملها بعدة عيوب اهمها ان نصوع الصورة يتناقص على طول خطوط المسح نتيجة لتفريغ المكثفين C لجزء من شحنتيهما عن طريق المقاومة R .

وتسمح دوائر اخرى اكثر تعقيدا باستعادة المركبة المستمرة لدرجة ادق . ويبين الشكل ١١ — ٦ على سبيل المثال دائرة « قمط » ذات صمامين



الشكل ١١ — ٦ . استعادة المركبة المستمرة بدائرة « قمط » ذات صمامين ثلاثيين

ثلاثيين تحفزهما نبضات خاصة . وتختار فلطيتا انحياز الصمامين ، بحيث يكونان فى حالة القطع خلال الفترات الفاصلة بين نبضات التزامن ، فلا يفرغ المكثف C_1 من شحنته فى هذه الفترات . وعندما تصل الى شبكتى الصمامين النبضات الحافزة المتتالية بتردد المسح الافقى ، يصبح الصمامان فى حالة التوصيل ، فيفرغ المكثف القارن C_1 جزءا من شحنته او يأخذ شحنة اضافية ،

بحيث يحافظ على قيمة ثابتة لفلطية شبكة المكبر V_3 المناظرة لمستوى « الاسود » . وبذلك تتم استعادة المركبة المستمرة بكل تغيراتها ، لأن الثابت الزمنى لتفريغ او شحن المكثف القارن عن طريق الصمامين V_1 و V_2 يكون صغيرا جدا عندما يكون الصمامان فى حالة التوصيل .

٣) المدى الذى يغطيه جهاز الارسال وقدرته المشعة : ان الموجات الشديدة القصر المستخدمة للارسال التلفزيونى لا تنعكس عمليا عن الايونوسفير ولا تنعطف كثيرا حول الارض ، بل تنتشر انتشارا مستقيما تقريبا (بدون حيود) ، فتنحصر امكانية استقبالها اساسا ضمن مدى خط النظر .

وتتحدد المسافة العظمى بين هوائيى الارسال والاستقبال فى حالة وجودهما على خط النظر بارتفاعى الهوائيين وتضاريس الارض . واذا كانت الارض ملساء (كروية وبدون عوائق) ، فان تلك المسافة تساوى بالكيلومترات :

$$A = 3.55\ (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \tag{11.1}$$

حيث h_1 و h_2 هما ارتفاعا هوائيى الارسال والاستقبال بالأمتار .

وينجم عن حيود الموجات اللاسلكية فى التروبوسفير (الجو السفلى) ان تكون مسافة « الرؤية اللاسلكية » اكبر قليلا من مسافة الرؤية البصرية المباشرة . وفى حالة الحيود فى التروبوسفير القياسى تتحدد تلك المسافة بنفس العلاقة (11.1) اذا زدنا المعامل 3.55 حتى 4.12 .

ويمكن حساب قدرة جهاز الارسال P اللازمة لاحداث شدة مجال E عند هوائى الاستقبال الموجود على بعد مساو R ، حسب العلاقة :

$$P = \frac{E\lambda R^2}{2.18\sqrt{D}\ h_1 h_2} \tag{11.2}$$

حيث λ طول الموجة بالامتار و D كسب هوائى الارسال (كسب القدرة الاتجاهى) فى المستوى الرأسى ، ويعبر عن P بالكيلوواط و E بالميكروفولط للمتر و R بالكيلومترات و h_1 و h_2 بالامتار .

البند ١١ ـ ٣ قنوات الاذاعة التلفزيونية

لكى تغطى الاذاعة التلفزيونية مساحات شاسعة ، ينبغى استخدام محطات ارسال ذات قدرة عالية واشعاع دائرى . ومن الابسط كثيرا الحصول على القدرة العالية باستخدام اطول موجات المدى الصالح للارسال التلفزيونى . ومن مزايا

الموجات الاكثر طولا انها تنعطف حول العوائق على نحو افضل ، وتنتشر الى ما وراء الافق لمسافات اكبر . ولذلك خصص للاذاعة التلفزيونية جزء كبير من مدى الموجات المترية (ذات الترددات العالية جدا *VHF*) . ويبين الجدول ١١ — ١ توزيع القنوات التلفزيونية فى ذلك المدى طبقا للنظام السوفييتى (الاوربى الشرقى) والنظام الاوربى الغربى .

الجدول ١١ — ١

رقم القناة	الحدان الترددیان (بالميجاهرتز)		تردد الموجة الحاملة الصورة (بالميجاهرتز)		تردد الموجة الحاملة للصورة (بالميجاهرتز)	
	النظام السوفييتى	النظام الاوربى الغربى	النظام السوفييتى	النظام الاوربى الغربى	النظام السوفييتى	النظام الاوربى الغربى
١	٥٦,٥—٤٨,٥	٤٧—٤٠	٤٩,٧٥	٤١,٢٥	٥٦,٢٥	٤٦,٧٥
٢	٦٦—٥٨	٥٤—٤٧	٥٩,٢٥	٤٨,٢٥	٦٥,٧٥	٥٣,٧٥
٣	٨٤—٧٦	٦١—٥٤	٧٧,٢٥	٥٥,٢٥	٨٣,٧٥	٦٠,٧٥
٤	٩٢—٨٤	٦٨—٦١	٨٥,٢٥	٦٢,٢٥	٩١,٧٥	٦٧,٧٥
٥	١٠٠—٩٢	١٨١—١٧٤	٩٣,٢٥	١٧٥,٢٥	٩٩,٧٥	١٨٠,٧٥
٦	١٨٢—١٧٤	١٨٨—١٨١	١٧٥,٢٥	١٨٢,٢٥	١٨٢,٧٥	١٨٧,٧٥
٧	١٩٠—١٨٢	١٩٥—١٨٨	١٨٣,٢٥	١٨٩,٢٥	١٨٩,٧٥	١٩٤,٧٥
٨	١٩٨—١٩٠	٢٠٢—١٩٥	١٩١,٢٥	١٩٦,٢٥	١٩٧,٧٥	٢٠١,٧٥
٩	٢٠٦—١٩٨	٢٠٩—٢٠٢	١٩٩,٢٥	٢٠٣,٢٥	٢٠٥,٧٥	٢٠٨,٧٥
١٠	٢١٤—٢٠٦	٢١٦—٢٠٩	٢٠٧,٢٥	٢١٠,٢٥	٢١٣,٧٥	٢١٥,٧٥
١١	٢٢٢—٢١٤	٢٢٣—٢١٦	٢١٥,٢٥	٢١٧,٢٥	٢٢١,٧٥	٢٢٢,٧٥
١٢	٢٣٠—٢٢٢	—	٢٢٣,٢٥	—	٢٢٩,٧٥	—

ويبلغ عرض كل قناة ٨ ميجاهرتز فى النظام السوفييتى و٧ ميجاهرتز فى النظام الاوربى الغربى ، ويزيد تردد الموجة الحاملة للصوت فى كل قناة عن تردد الموجة الحاملة للصورة بقدر ٦,٥ ميجاهرتز فى النظام السوفييتى و٥,٥ ميجاهرتز فى النظام الاوربى الغربى . وفى كلا النظامين تعدل الموجة الحاملة للصورة تعديل اتساع سالب القطبية ، وتعدل الموجة الحاملة للصوت تعديل تردد بانحراف قدره ٥٠ كيلوهرتز .

ونظرا لأن الموجات المترية لم تعد كافية امام التطور المستمر للاذاعة التلفزيونية ، فقد امتدت القنوات التلفزيونية الى نطاق الموجات الديسيمترية (ذات الترددات بعد العالية *UHF*) حتى حوالى ١٠٠٠ ميجاهرتز .

البند ١١ ـ ٤ خطوط الارحال اللاسلكى

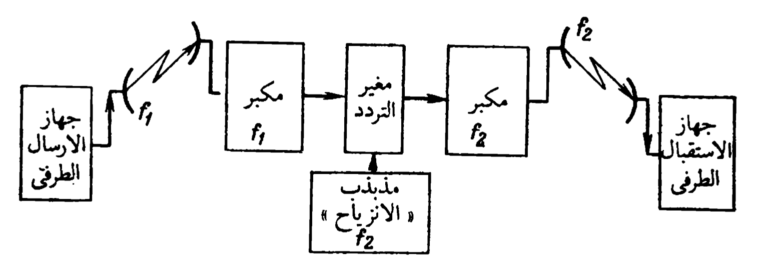
ان الموجات الشديدة القصر الصالحة لارسال الاشارات التلفزيونية تنتشر ، كما سبق ان ذكرنا ، انتشارا جيدا ضمن منطقة لا تتعدى مدى خط النظر الا قليلا .

ويتم ارسال الصور التلفزيونية الى مسافات بعيدة بواسطة منظومات الارحال اللاسلكى واقمار الاتصالات .

ومنظومة الارحال اللاسلكى عبارة عن سلسلة من المحطات اللاسلكية مستقبلة ومرسلة ، تعمل فى الغالب اوتوماتيا ، وتستخدم لنقل الاشارة من النقطة المرسلة الى نقطة مستقبلة بعيدة جدا عنها . وتقوم كل محطة من محطات الارحال (التقوية) باستقبال الاشارة التى تشعها المحطة السابقة او المحطة الطرفية المرسلة ، ثم تكبرها وترسلها من جديد الى المحطة التالية او المحطة الطرفية المستقبلة .

وطالما ان كل محطة من محطات الارحال ترسل الاشارة الى نقطة واحدة (المحطة التالية) ، فمن الافضل تركيز الطاقة المشعة ضمن زاوية صغيرة باستخدام الهوائيات الحزمية (ذات الاتجاهية الفائقة) التى يسهل تحقيقها فى مدى الموجات الدقيقة (الموجات السنتيمترية ذات الترددات فوق العالية *SHF*) . وتتيح الهوائيات الحزمية الحصول على نسبة عالية للاشارة الى الضوضاء بجهاز ارسال ذى قدرة صغيرة جدا (عدة واطات او اجزاء من الواط) . ومن المهم فقط ان يكون هوائى كل محطة على خط النظر مع هوائى المحطة التالية . ولذلك تركب الهوائيات على ابراج عالية (ارتفاعها ٦٠ متر تقريبا او اكثر) ، تفصل بينها مسافات تساوى ٤٠ ـ ٦٠ كيلومتر .

ويوضح الشكل ١١ ـ ٧ احدى الطرائق المستخدمة فى محطات الارحال اللاسلكى . وبهذه الطريقة يجرى اولا تكبير الاشارة المستقبلة ذات التردد f_1



الشكل ١١ – ٧ . منظومة ارحال لاسلكي ذات انزياح ترددي

ثم ينزاح ترددها الى قيمة f_2 تختلف عن f_1 بعشرات الميجاهرتز ، وبعد ذلك يتم تكبير الاشارة على التردد f_2 . ويستخدم انزياح التردد لاستثناء الاستثارة الذاتية الناجمة عن التقارن غير المرغوب فيه بين هوائيي الاستقبال والارسال .

البند ١١ ـ ٥ الارحال اللاسلكي عن طريق الاقمار الاصطناعية

ان مدى انتشار الموجات المستخدمة لارسال الاشارات التلفزيونية محدود ، كما سبق ان ذكرنا ، بمدى خط النظر . ومن اجل توسيع مدى الارسال ، ينبغي ان يكون ارتفاع الهوائيات كبيرا جدا .

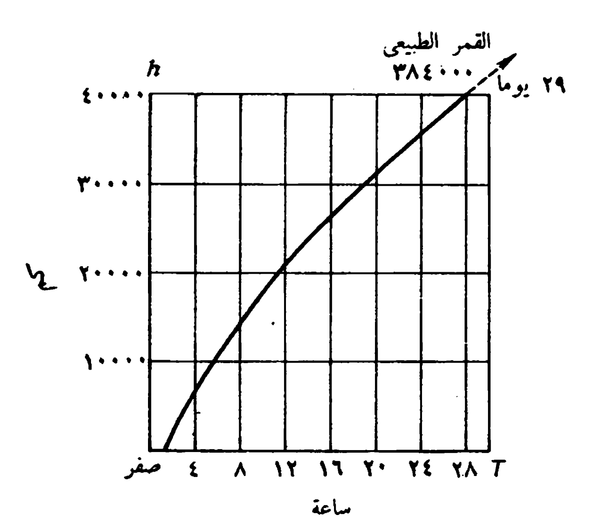
ولذلك اقترح العالم السوفييتي شماكوف في عام ١٩٣٧ تركيب محطات الارحال اللاسلكي على طائرات تطير على ارتفاع شاهق ، بدلا من تركيبها على الارض . ولقد بينت الحسابات والتجارب انه يمكن ارحال الاشارات التلفزيونية الى مسافة تبلغ حوالى ٦٠٠ كم باستخدام طائرة تطير على ارتفاع ٨ كم .

وبعد النجاحات الكبرى في غزو الفضاء ، اصبح من الممكن ارحال الاشارات التلفزيونية عن طريق الاقمار الاصطناعية التابعة للارض .

ولقد ظهرت امكانيات مثيرة باستخدام التوابع « المتزامنة » التي تدور حول الارض فوق خط الاستواء مرة واحدة كل ٢٤ ساعة ، فتبدو بالنسبة الى سطح الارض كأنها ثابتة ومعلقة في السماء .

وتعتمد مدة دورة التابع الاصطناعي على طول نصف المحور الاكبر لمداره ، اذا كان هذا المدار اهليليجيا (على شكل قطع ناقص) ، او على

نصف قطر المدار ، اذا كان دائريا . وطالما ان الفرق بين نصف قطر مدار التابع الاصطناعى ونصف قطر الارض هو عبارة عن ارتفاع التابع عن سطح الارض ، يمكن ان نعتبر ان مدة دورة التابع تتوقف على ارتفاع مداره . ويبين الشكل ١١ ــ ٨ هذه العلاقة ، ومنه نجد ان مدة دور التابع تساوى ٢٤ ساعة ، اذا كان يدور على مدار دائرى يبعد عن سطح الارض ٣٥٨٠٠ كم .



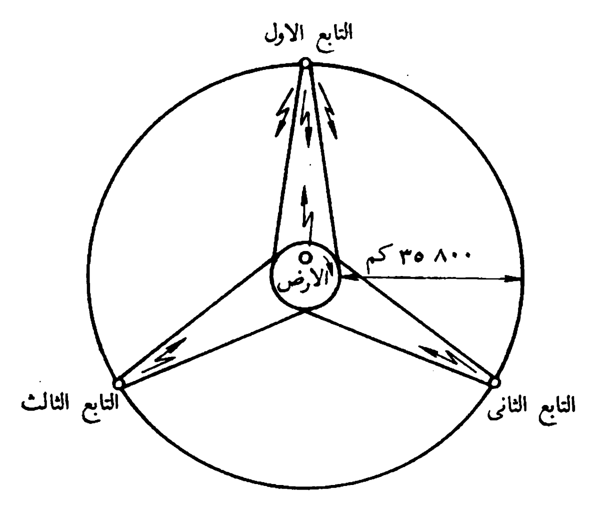
الشكل ١١ ــ ٨ . منحنى العلاقة بين ارتفاع مدار التابع الاصطناعى للارض ومدة دورته

وتنحصر منطقة رؤية التابع المتزامن من سطح الارض بين خط العرض ٧٠° شمالا وخط العرض ٧٠° جنوبا . ويمكن تغطية هذه المنطقة الكبيرة ببرنامج تلفزيونى واحد ليل نهار بواسطة ثلاثة توابع متزامنة ، تفصل بينها مسافات زاوية متساوية (تساوى ١٢٠°) ، كما موضح بالشكل ١١ ــ ٩ . ومن الممكن ان تكون مثل هذه المنظومة المتزامنة اساسا ملائما لمنظومة اتصالات عالمية ، ولكنها غير صالحة لتغطية كل مساحة الاتحاد السوفييتى بالتلفزيون ، اذ ان مناطق شاسعة من الشمال تبقى خارج المجال الذى ترى منه تلك المنظومة .

وبالاضافة الى ذلك ، ثمة صعوبات اقتصادية وتكنولوجية بالغة يقترن بها اطلاق التوابع الاصطناعية الى المدار المتزامن .

ومن الاسهل كثيرا اطلاق توابع الاتصالات الى مدارات اخرى مائلة بالنسبة الى خط الاستواء .

وطالما ان التوابع التى تدور على مثل هذه المدارات تنزاح بالنسبة الى سطح الارض تدريجيا ، فلا يمكن استخدامها لارحال الاشارات التلفزيونية الا اثناء فترات محددة ، وهى الفترات التى تكون التوابع خلالها فى مجال رؤية محطتى الارسال والاستقبال الارضيتين . وهكذا ، فان قمر الاتصالات



الشكل ١١ – ٩ . منظومة التوابع الاصطناعية المتزامنة

الامريكى « تلستار – ٢ » الذى اطلق الى مدار ارتفاعه فى نقطة الاوج ١٠٠٠٠ كم ، ومدة دورته ٢٢٥ دقيقة لم يستطع ان يؤمن ارحال الاشارات من الولايات المتحدة الى اوربا الغربية الا خلال ٩٠ دقيقة من كل دورة .

اما قمر الاتصالات السوفييتى « مولنيا – ١ » ، فارتفاعه فى نقطة الاوج (فى الجزء الشمالى من الكرة الارضية) يبلغ ٤٠٠٠٠ كم ، ومدة دورته ١٢ ساعة ، ويكفل ارحال الاشارات التلفزيونية والتلفونية من موسكو الى الشرق الاقصى خلال ٩ ساعات من دورة واحدة .

و تتم تغذية تابع الاتصالات بواسطة بطاريات (خلايا) شمسية و مركمات متصلة بها . وتبلغ قدرة جهاز الارسال المستخدم فى التابع حوالى ٤٠ واط ، بينما تبلغ قدرة جهاز ارسال المحطة الارضية حوالى ٥ كيلوواط .

البند ١١ – ٦ ارسال الاشارات التلفزيونية بالخطوط السلكية

ثمة انواع عديدة من الخطوط السلكية تستخدم للاتصالات الكهربائية ، ولكن امكانية استعمالها لارسال الاشارات التلفزيونية محدودة جدا . وينجم ذلك اساسا عن النطاق العريض لطيف الاشارة الصورية ، اذ انه اعرض بأكثر من ١٠٠٠ مرة تقريبا من طيف الاشارة السمعية . وتتصف اغلب الخطوط السلكية فى ذلك النطاق العريض بتوهين غير منتظم يهبط مع التردد بشدة (الشكل ١١ – ١٠) . واكثر خطوط الاتصالات السلكية صلاحية لارسال الاشارات التلفزيونية هو الكابل ذو الموصلين المتحدى المحور .

يتألف الكابل المحورى من موصل (سلك) مركزى وموصل انبوبى (او مضفر) يحيط به . وينحصر انتشار الطاقة الكهرمغنطيسية فى الكابل المحورى داخل الموصل الخارجى . وعندما يكون الكابل موفقا مع الاجهزة المتصلة بنهايتيه ، نجده لا يشع الطاقة الى الفضاء المحيط به ولا يلتقطها من الخارج ، اى لا يتأثر عمليا بالمجالات الكهربائية والمغنطيسية الخارجية . ويتميز الخط المحورى بتوهين اقل مرتين ، مما يتصف به الخط المتوازن (ذو السلكين المتماثلين) اذا تساوى مقدار النحاس فى الخطين . ويكون التوهين فى الكابل المحورى ذى الموصلين النحاسيين اقل ما يمكن، اذا اختيرت نسبة قطر الموصل الخارجى الى قطر الموصل الداخلى مساوية حوالى ٣,٦ . ويقل التوهين فى الكابل ، كلما زاد قطرا موصليه .

وعندما يكون الكابل المحورى ذا عازل جيد ، نجد ان تزايد التوهين مع التردد غير كبير جدا (المنحنى ٤ فى الشكل ١١ – ١٠) ، بحيث يمكن تصحيحه (معادلته) بسهولة نسبيا .

ويتصف الكابل المحورى بأن حصانته ضد الضوضاء والتأثيرات الخارجية ضعيفة نسبيا عند الترددات المنخفضة ، ولكنها تتحسن بسرعة ، كلما زاد التردد ، خلافا لما نلاحظه لدى خطوط الاتصالات الاخرى . ويفسر ذلك فيزيائيا بأنه اذا كان تيار الاشارة عالى التردد ، فان « تأثير التقاربية » يجعله يتركز فى الطبقة الداخلية للموصل الخارجى ، كما تجعله « الظاهرة

السطحية » يتركز فى الطبقة السطحية للموصل الداخلى . اما التيارات العالية التردد المتداخلة من خارج الكابل ، فهى تبقى فى الطبقة السطحية للموصل الخارجى نتيجة للظاهرة السطحية . وعلى هذا النحو يتم حجب الكابل عن التأثيرات المشوشة الخارجية بواسطة طبقة معدنية تفصل بين تيار الاشارة وتيارات التداخلات العالية التردد .

وطالما ان حصانة الكابل المحورى تتحسن كلما زاد التردد ، نجده يستخدم لارسال ترددات عالية جدا .

الشكل ١١ — ١٠ . منحنيات التوهين فى مختلف الخطوط السلكية : ١ — خط نقل هوائى فولاذى ، قطر كل من سلكية $d = 4mm$ ؛ ٢ — خط نقل متوازن ذو عازل ورقى ؛ ٣ — خط متوازن ذو عازل من البوليستير ، $d = 1 \cdot 2mm$ ؛ ٤ — كابل محورى ذو $d/D = 2 \cdot 5/9,4mm$ ؛ ٥ — خط نقل هوائى نحاسى ذو $d = 4mm$

ومما يعيق استخدام الكابل المحورى لارسال الترددات المنخفضة ان انزياح الطور الذى يسببه يتغير مع التردد تغيرا خطيا عند الترددات التى تزيد عن ٣٠٠ — ٥٠٠ كيلوهرتز فقط . وتختل خطية العلاقة بين الطور والتردد لدى الترددات التى تقل عن ذلك الحد ، لدرجة ان من الصعب جدا تصحيحها .

وعند ارسال الاشارات الصورية بالكابل المحورى الى مسافات كبيرة (تزيد عن ١٠ — ٢٠ كم) ، تتعرض الترددات المنخفضة لتشويشات شديدة ، كما تتعرض لتشوهات طورية كبيرة لا يمكن تصحيحها . ولذلك يستلزم ارسال الاشارات الصورية بالكابل المحورى الى مسافات كبيرة نقل طيف هذه الاشارات الى نطاق يقع فوق ٣٠٠ — ٥٠٠ كيلوهرتز .

ويتم نقل طيف الاشارة الصورية الذى يمتد مثلا من ٥٠ هرتز حتى ٦ ميجاهرتز الى نطاق منخفض وضيق نسبيا بتراكب معه ويمتد من ٢ حتى ٨,٥ ميجاهرتز بتعديل الاتساع مرتين متتاليتين والكبت الجزئى لأحد النطاقين الجانبيين .

الفصل الثانى عشر

هوائيات التلفزيون

البند ١٢ ـ ١ فكرة عامة عن هوائيات التلفزيون

ان اغلب هوائيات التلفزيون عبارة عن هوائيات رنانة تختار ابعادها تبعا لطول الموجة المطلوب استقبالها .

وتتميز الهوائيات بخاصية العكوسية ، اى ان خواصها (الكسب الاتجاهى ، نمط الاتجاهية ، المعاوقة ، الارتفاع الفعال ، وما الى ذلك) عند استخدامها للاستقبال تماثل خواصها عند استخدامها للارسال . ولكن تصميم هوائيات الارسال يختلف كثيرا عن تصميم هوائيات الاستقبال لاعتبارات خاصة .

ويتم استقبال اشارات الاذاعة التلفزيونية العاملة فى مدى الموجات المترية (١٫٣ ــ ٦٫٢ م) بواسطة الديبولات (الهوائيات الثنائية القطب) البسيطة او الديبولات المطوية . وتستخدم الديبولات كهوائيات مستقلة او كعناصر تؤلف هوائيات معقدة .

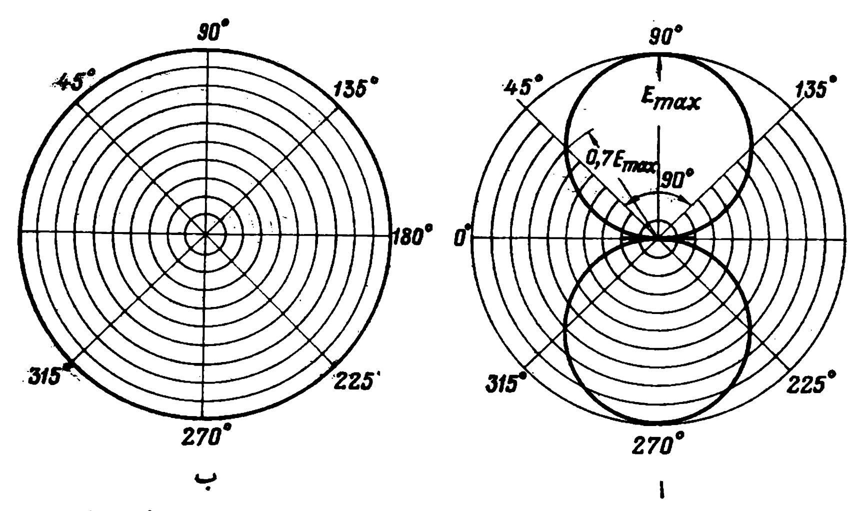
وتستعمل منظومات الارحال على الموجات الدقيقة فى الغالب هوائيات ذات عواكس قطعية مكافئة (على شكل اطباق) .

البند ١٢ ـ ٢ بارامترات الهوائيات

١) معاوقة الهوائى : تتوقف على توزع التيار والجهد فى اسلاكه ، وتتحدد بنوع الهوائى ونقطة توصيل خط التغذية اليه . وتتميز الانواع المختلفة للهوائيات التلفزيونية بمعاوقات تتراوح بين ١٥ و ٦٠٠ أوم أو اكثر . ومن المهم جدا معرفة معاوقة الهوائى من اجل توفيقه مع خط التغذية .

٢) اتجاهية الهوائى : تتحدد بنمط الاتجاهية فى كل من المستويين الافقى والرأسى ، وهو يمثل عادة بالاحداثيات القطبية . ويمكن التعبير عن الاستجابة الاتجاهية للهوائى بعرض نمط الاتجاهية والكسب الاتجاهى .

ويعرف عرض نمط الاتجاهية بأنه عبارة عن الزاوية المحصورة بين المستقيمين المرسومين من مركز نمط الاتجاهية الى نقطتين تقعان على هذا النمط وتناظران نصف القدرة القصوى او $0.7E_{max}$ ، كما موضح بالشكل ١٢ — ١ .



الشكل ١٢ — ١. نمط اتجاهية الديبول نصف الموجى فى المستويين الافقى (أ) والرأسى (ب)

اما الكسب الاتجاهى ، فهو يبين عدد المرات التى ينبغى بها رفع قدرة الاشعاع حتى نحصل على نفس مستوى الاشارة فى نقطة الاستقبال عند استبدال الهوائى الاتجاهى بهوائى غير اتجاهى .

٣) عرض نطاق الهوائى : هو النطاق الترددى الذى تهبط القدرة المستقبلة (او المشعة) عند حافتيه حتى نصف قيمتها القصوى . وينبغى ان يكون عرض نطاق الهوائى مساويا على الاقل عرض قناة تلفزيونية واحدة (٨ ميجاهرتز) ، لئلا تتعرض الاشارة الى تشويهات ترددية تؤدى الى فقد بيان تفاصيل الصورة .

ومما يحد من عرض نطاق الهوائى عدم ثبات معاوقته عند تغير التردد ، وما ينجم عنه من اختلال فى التوفيق بين الهوائى وخط التغذية ، بالاضافة الى تشوهات نمط الاتجاهية .

وتتصف الهوائيات المؤلفة من عدة ديبولات رنانة مقرنة بعضها ببعض ، بأن عرض نطاقها الترددى اقل من عرض نطاق كل ديبول فعال على حدة .

البند ١٢ ـ ٣ خطوط التغذية

ان زيادة مدى ارسال الاشارات التلفزيونية (على خط النظر) تتطلب تركيب هوائيات الارسال والاستقبال على اعلى ارتفاعات ممكنة ، مما يجعل من الضرورى جدا استخدام خطوط تغذية (نقل) مناسبة لتوصيلها بأجهزة الارسال والاستقبال .

وتتم تغذية هوائيات الموجات المترية (VHF) بالخطوط المحورية غالبا والخطوط المزدوجة المتوازنة احيانا . وتمتاز الخطوط المحورية بأنه يمكن تمريرها داخل الانابيب المعدنية والجدران المبنية من الخرسانة المسلحة والقضبان المعدنية وما الى ذلك بدون اساءة الى ادائها . ومما تتميز به شبكات الهوائيات الجماعية فى الاتحاد السوفييتى انها تستخدم خطوط التغذية المحورية فقط .

وتصنع الخطوط المحورية المخصصة لنقل القدرات العالية (فى محطات الارسال) على شكل انابيب متحدة المحاور ذات حلقات عازلة من مواد ممتازة العزل ، بينما تكون الخطوط المحورية المستعملة لنقل القدرات المنخفضة (للاستقبال) على شكل كوابل قابلة للانثناء ذات عوازل مصمتة من البوليثلين والبلاستيك الفلورى وغيرهما من المواد العازلة الجيدة النوعية .

اما الخطوط المزدوجة المتوازنة ، فلا تستخدم فى الاتحاد السوفييتى الا نادرا فى حالات استعمال الهوائيات الفردية فى الاماكن التى تكون فيها نسبة الاشارة الى الضوضاء مرتفعة . ويتألف الخط المتوازن من سلكين متوازيين ، يثبتان بواسطة مادة عازلة جيدة النوعية ، بحيث يبعد كل منهما عن الآخر بعدا محددا تماما (اقل كثيرا من طول الموجة) .

وتتحدد مميزات وبارامترات خطوط التغذية استنادا الى نظرية خطوط النقل .

ونعلم من هذه النظرية انه عندما توصل قوة دافعة كهربائية مترددة الى دخل خط نقل طويل تنتشر فيه موجتا تيار وجهد . واذا كان خط النقل لانهائى الطول ، فان الموجة الكهرمغنطيسية التى تنتشر فيه تكون عبارة عن « موجة متنقلة » . وتسمى معاوقة دخل الخط فى هذه الحالة بالمعاوقة المميزة ، وهى تساوى :

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (12.1)$$

حيث L و C هما محاثة وسعة خط النقل (كله أو جزء منه كوحدة الطول مثلا) .

وطالما ان محاثة الخط وسعته تعتمدان على ابعاده الهندسية ، فمن الممكن ان نعبر عن معاوقته المميزة بمدلول تلك الابعاد .

وتتحدد المعاوقة المميزة للخط المحورى بالعلاقة :

$$\rho = \frac{138}{\sqrt{\varepsilon}} \lg \frac{D}{d} \qquad (12.2)$$

حث ε هو ثابت عزل المادة المستخدمة فى الخط المحورى ، وهو يساوى ٢,٣ اذا كان الخط مملوءا بالبوليثيلين المصمت ، و ١,٤٦ اذا كان مملوءا جزئيا بالبوليثيلين وجزئيا بالهواء ، و ٢ اذا كان مملوءا بالبلاستيك الفلورى .

اما D ، فهو القطر الداخلى للموصل الخارجى الانبوبى (او المضفر) ، بينما d هو قطر الموصل الداخلى (المركزى) .

وتتحدد المعاوقة المميزة للخط المزدوج المتوازن بالعلاقة :

$$\rho = \frac{276}{\sqrt{\varepsilon}} \lg \frac{D}{r} \qquad (12.3)$$

حيث r هو نصف قطر كل من سلكى الخط ، بينما D هو البعد بين محورى السلكين . وتصح العلاقة الاخيرة اذا كان $D \gg r$.

وعند استخدام خط النقل كخط تغذية يوصل الطاقة التى يحصل عليها هوائى الاستقبال الى جهاز الاستقبال ، يمكن اعتبار الهوائى كمولد وخط

التغذية كحمل له . وكما معروف ، يأخذ الحمل اكبر قدرة من المولد ، اذا كانت معاوقته مساوية للمعاوقة الداخلية للمولد . وهكذا يحصل خط التغذية على اكبر قدرة ، اذا كانت معاوقته المميزة (ρ) مساوية لمعاوقة الهوائى (Z_A) .

ويتميز خط النقل ذو الطول المحدود بأنه يظل يعمل فى حالة الموجة المتنقلة ويبقى اداؤه كأداء الخط اللانهائى ، اذا وصلت نهايته بمعاوقة (حمل) Z_L مساوية للمعاوقة للمميزة للخط .

وتتناقص الفلطية المقاسة فى نقط مختلفة من خط النقل كدالة اسية للبعد عن بداية الخط :

$$U_l = U_0 e^{-\beta l} \tag{12.4}$$

حيث U_0 هو اتساع فلطية دخل الخط ،

U_l هو اتساع الفلطية فى النقطة التى تبعد عن الدخل بعدا قدره l ،

e هو اساس اللوغاريتمات الطبيعية ($e \approx 2.7$) ؛

β هو معامل التوهين او التوهين فى وحدة الطول ، وهو يقاس بالنبر .

وطالما ان القدرة تتناسب مع مربع الفلطية ، فهى تتناقص كدالة ذات اس مضاعف ، اى اذا كانت القدرة فى بداية الخط هى P_0 والقدرة على البعد l هى P_l ، فان :

$$P_l = P_0 e^{-2\beta l} \tag{12.5}$$

واذا افترضنا ان طول الخط كله هو l ، فان كفايته (فعاليته) تساوى :

$$\eta = \frac{P_l}{P_0} = e^{-2\beta l} \tag{12.6}$$

وتزداد المفقودات فى الكوابل ، كلما زاد التردد ، فيزداد التوهين فيها ، ومن ثم تقل كفايتها ، مما يحد من امكانية استخدامها عند الترددات العالية نسبيا .

وتنتشر الطاقة الكهرمغنطيسية فى الكابل المحورى المملوء بمادة عازلة ذات معامل عزل ε اكبر من الواحد الصحيح بسرعة v اقل من سرعة انتشارها

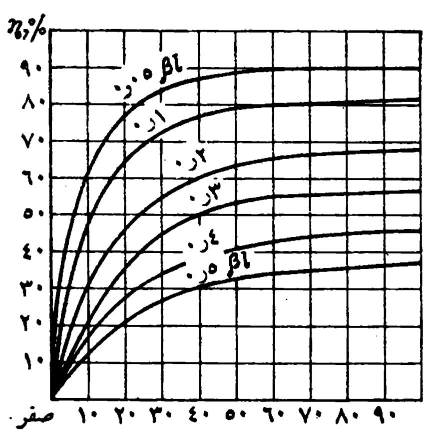
فى الفضاء الحر او سرعة الضوء c وتساوى $v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}$. وهكذا يكون طول الموجة فى الكابل اقل من طولها فى الفراغ او الهواء بـ $\sqrt{\varepsilon}$ مرة .

واذا كان خط النقل منتهيا بمعاوقة Z_L لا تساوى المعاوقة المميزة ρ ، فان جزءا من الطاقة الواردة الى المعاوقة Z_L ينعكس عنها الى الخلف عائدا الى دخل الخط . وتسمى نسبة فلطية الموجة المنعكسة الخلفية U_b الى فلطية الموجة الامامية U_f معامل الانعكاس : $p = \frac{U_b}{U_f}$. وينجم عن جمع الموجة الامامية والموجة الخلفية ان تتشكل التموجات المسماة بالموجات المستقرة . وفى هذه الحالة يتغير اتساع الفلطية على طول الخط تغيرا دوريا بين قيمة قصوى U_{max} وقيمة دنيا U_{min} خلافا لحالة الموجة المتنقلة . وتدعى النسبة $k = \frac{U_{min}}{U_{max}}$ نسبة الموجة المتنقلة ، وهى تميز درجة التوفيق بين خط التغذية والمعاوقة الطرفية .

ويمكن تحديد معامل الانعكاس p من العلاقة :

$$p = \frac{1-k}{1+k} \tag{12.7}$$

وعندما تسوء حالة التوفيق بين خط النقل ومعاوقة الحمل (عند زيادة اختلاف ρ و Z_L وانقاص k) يزداد فقد الطاقة فى الخط ، فتقل كفايته ، كما بين فى الشكل ١٢ ـ ٢ .



الشكل ١٢ ـ ٢ . العلاقة بين كفاية التغذية η ونسبة الموجة المتنقلة R عند قيم مختلفة للتوهين βl

وعلى هذا النحو ، يحصل جهاز الاستقبال الموصل بخط التغذية على اكبر قدرة عند توفيق نهايتى الخط ، اى عندما $Z_A = \rho$, $\rho = Z_L$. ولكن حتى فى هذه الحالة (كما فى حالة اى مولد) لا ينقل خط التغذية من الهوائى الا نصف قدرة الموجة التى يستقبلها . ويضيع

النصف الآخر من القدرة فى المقاومة الداخلية للهوائى ، اى يشعه الهوائى الى الفضاء المحيط به .

واذا كانت معاوقة الهوائى لا تساوى المعاوقة المميزة لخط التغذية ($Z_A \neq \rho$) ، فان الخط يعكس جزءا من القدرة الواردة من الهوائى ، ومن ثم تزداد نسبة القدرة المشعة من جديد الى الهواء .

وفى حالة عدم التوفيق بين خط التغذية وكل من الهوائى وجهاز الاستقبال (اى عندما $Z_A \neq \rho \neq Z_L$) ، لا تنقص القدرة الواردة الى جهاز الاستقبال فحسب ، بل تحدث ايضا ظاهرة مزعجة اخرى . فعندئذ ينعكس عن جهاز الاستقبال جزء من القدرة التى ينقلها اليه خط التغذية ويعود الى الهوائى ، حيث ينعكس جزئيا متجها ثانية الى جهاز الاستقبال . وينجم عن ذلك ان تظهر الى جانب الصورة الاساسية صورة (او عدة صوره) اضافية منزاحة عنها بمسافة تناظر الوقت اللازم لسير الاشارة من جهاز الاستقبال الى الهوائى والعودة منه . وتعتبر الصورة الاضافية صدى للصورة الاصلية وتبدو كالشبح . ومن اجل ازالة الصدى او الشبح ، ولزيادة القدرة الواصلة الى جهاز الاستقبال ، ينبغى ان يتم التوفيق الجيد بين خط التغذية وكل من الهوائى وجهاز الاستقبال .

ويستخدم خط النقل احيانا فى حالة دائرة قصر ($Z_L = 0$) او دائرة مفتوحة ($Z_L = \infty$) . وعندئذ تكون معاوقة دخله كبيرة جدا او صغيرة جدا تبعا لنسبة طوله الى طول الموجة . واذا كان الخط مثاليا ، اى اذا لم يوجد فيه فقد ، فان معاوقة دخله تتغير بين $-\infty$ و $+\infty$ ، كما موضح بالجدول ١٢ – ١ .

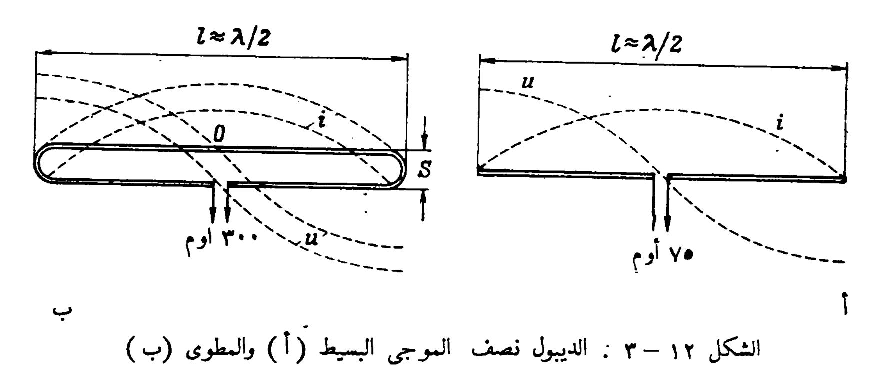
البند ١٢ ــ ٤ هوائيات الموجات المترية

١) الديبول نصف الموجى : يتكون الديبول (الهوائى ثنائى القطب) من قضيب او انبوب او سلك معدنى ، يختار طوله مساويا تقريبا نصف الطول الموجى . ويقص القضيب او السلك فى منتصفه ليوصل اله خط التغذية .

الجدول ١٢ – ١

معاوقة الدخل	طول الخط l	
	مفتوح الدائرة	مقصر الدائرة
مفاعلة حثية	$\frac{\lambda}{4} < l < \frac{\lambda}{2}$	$l < \frac{\lambda}{4}$
تساوى اللانهاية (يعمل الخط كدائرة تواز مولفة على الرنين)	$l = \frac{\lambda}{2}$	$l = \frac{\lambda}{4}$
مفاعلة سعوية	$l < \frac{\lambda}{4}$	$\frac{\lambda}{4} < l < \frac{\lambda}{2}$
تساوى الصفر (يعمل الخط كدائرة توال مولفة على الرنين)	$l = \frac{\lambda}{4}$	$l = \frac{\lambda}{2}$

ويبين الشكل ١٢ – ٣ – أ توزع التيار والفلطية فى الديبول نصف الموجى . وكما نلاحظ من الشكل ، يتكون فى مكان توصيل خط التغذية بطن (قيمة قصوى) للتيار وعقدة (صفر) للفلطية .



الشكل ١٢ – ٣ : الديبول نصف الموجى البسيط (أ) والمطوى (ب)

ويتميز الديبول الموضوع افقيا بأن نمط اتجاهيته فى المستوى الافقى يكون على شكل الرقم 8 بعرض يساوى ٩٠° (الشكل ١٢ – ١ – أ) ، بينما يكون نمط اتجاهيته فى المستوى الرأسى العمودى على محوره الطولانى عبارة عن دائرة (الشكل ١٢ – ١ – ب) وكما سبق ان اشرنا ، ينبغى ان يكون

طول الديبول مساويا تقريبا نصف طول الموجة المطلوب استقبالها . ويتحدد طوله l بدقة تبعا لقطره d والطول الموجى λ حسب العلاقة :

$$l = \frac{\lambda}{2}\left(1 - \frac{\Delta\%}{100}\right) \qquad (12.8)$$

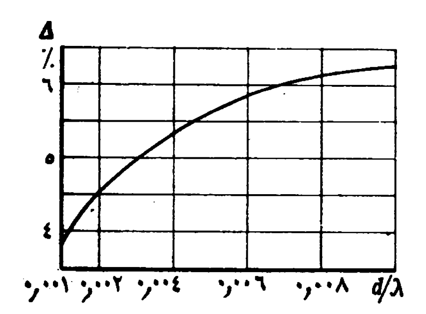
حيث $\Delta\%$ عبارة عن « معامل التقصير » الذى يمكن ايجاده من الشكل ١٢ — ٤ .

وعندما يكون طول الديبول محققا للعلاقة (12.8) ، نجده مولفا بدقة على الطول الموجى ، وتكون معاوقته عبارة عن مقاومة بحتة تساوى ٧٠ — ٧٥ أوم .

ويزداد عرض نطاق الديبول ، كلما زاد قطره ، ولذا يصنع من انابيب كبيرة القطر نسبيا .

٢) الديبول المطوى نصف الموجى : يتألف الديبول المطوى من ديبولين بسيطين ، طول كل منهما يساوى نصف الطول الموجى ، والبعد بينهما صغير لدرجة كافية . وتوصل اطراف الديبولين ، ويقص احدهما فى منتصفه ليوصل اليه خط التغذية، كما موضح بالشكل ١٢ — ٣ — ب .

ويكافىء الديبول المطوى بأغلب خواصه (الكسب ونمط الاتجاهية وما الى ذلك) تقريبا الديبول البسيط، ويتميز عنه اساسا باعتبارات تصميمية.



الشكل ١٢ — ٤ . العلاقة بين « معامل تقصير » الديبول ونسبة قطره الى الطول الموجى

ومن مزاياه مثلا انه توجد فى منتصفه نقطة O صفرية الجهد، فيمكن تثبيته فى هذه النقطة بدون عوازل ، وبذلك تتم حمايته من الصواعق وتتحسن متانته الميكانيكية بطريقة بسيطة نسبيا .

ومما يتميز به الديبول المطوى ان فلطية خرجه (U) اكبر مرتين من فلطية خرج الديبول البسيط (U_1) ، لأن فلطية خرج الديبول المطوى تساوى مجموع الفلطيتين اللتين تستحثهما الموجة المستقبلة فى كل من الديبولين

البسيطين المكونين له . ولكن القدرة التى يستقبلها الديبول المطوى (P) تساوى القدرة التى يستقبلها الديبول البسيط بمفرده (P_1) . وبذلك تكون مقاومة الديبول المطوى (R) اكبر اربع مرات من مقاومة الديبول البسيط (R_1) ، طالما ان $P = \frac{U^2}{R}$ ، $P_1 = \frac{U_1^2}{R_1}$ ، و من ثم :

$$R = \frac{U^2}{U_1^2} \cdot R_1 = 4\, R_1$$

وعلى هذا النحو ، اذا اعتبرنا ان معاوقة الديبول البسيط تساوي ٧٥ اوم ، فان معاوقة الديبول المطوى تساوى ٣٠٠ أوم .

ويمتاز الديبول المطوى ايضا بأن عرض نطاقه الترددى اكبر من عرض نطاق الديبول البسيط المساوى له من حيث القطر (فى حالة استخدام خط التغذية الامثل لكل منهما) .

ويمكن حساب طول الديبول المطوى بواسطة العلاقة (12.8) ايضا اذا استبدلنا القطر بالقطر المكافىء :

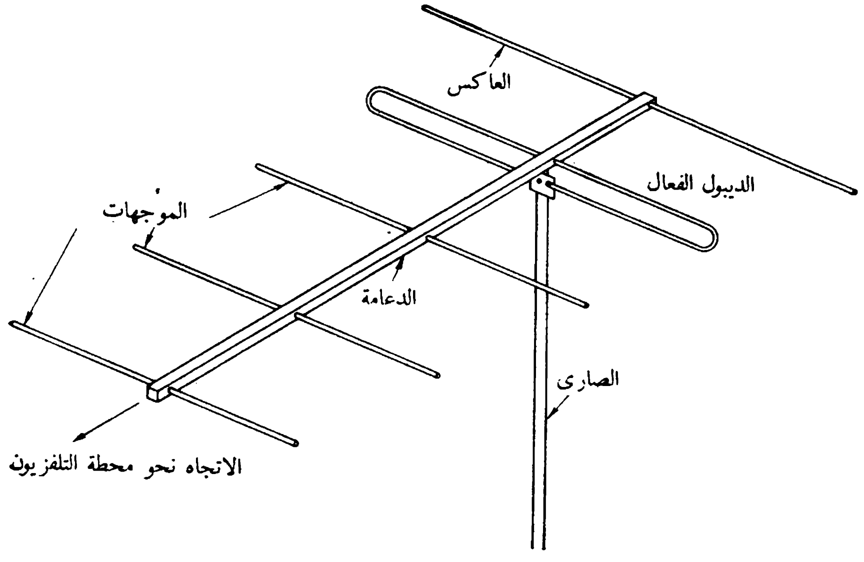
$$d_{eq} = \sqrt{2\, ds} \qquad (12.9)$$

حيث s هو البعد بين محورى انبوبى الديبول (انظر الشكل ١٢ — ٣ — ب) .

٣) هوائى ياجى : ان الديبولين البسيط والمطوى قليلا الاتجاهية والكسب ، ويمكن استخدامهما على بعد لا يتعدى ٣٥ كم من محطة التلفزيون . وفى الاماكن الاكثر بعدا او الاماكن التى يكون فيها مستوى التداخلات مرتفعا ، ينبغى استخدام الهوائيات متعددة العناصر ذات الكسب الاعلى والاتجاهية الافضل . ومن هذه الهوائيات هوائى « ياجى » الذى شاع استعماله على اوسع نطاق .

ويتألف هوائى ياجى (الشكل ١٢ — ٥) من ديبول فعال (يوصل اليه خط التغذية) وعدة ديبولات سلبية موازية له . ويقوم الديبول السلبى المثبت من الجهة المعاكسة لاتجاه الاشارة المستقبلة بدور العنصر العاكس ، بينما تعمل الديبولات السلبية الاخرى المثبتة امام الديبول الفعال كعناصر موجهة .

ويتم الحصول على علاقات الطور اللازمة باستخدام ديبول عاكس اطول بنسبة ٥٪ من الديبول الفعال وعناصر موجهة ، طول كل منها اقل بنسبة ٤٪ من طول العنصر السابق له . وتختار المسافات بين عناصر الهوائى بحيث تساوى ٠,١ ـ ٠,٢ من طول الموجة المطلوب استقبالها .



الشكل ١٢ ـ ٥ . هوائى ياجى

وتتوقف بارامترات هوائى ياجى على عدد عناصره و اطوالها والمسافات بينها . ويختار تصميمه عادة ، بحيث يكون نطاقه الترددى عريضا لدرجة كافية ، ولو كان ذلك على حساب كسبه او اتجاهيته . ويمكن الحصول على كسب كبير (من اجل الاستقبال على بعد يزيد عن ١٠٠ كم) باستخدام صفوف رأسية او افقية من هوائيات ياجى ، على ان يتم توصيل العناصر الفعالة بخطوط تغذية ذات اطوال مناسبة لكى تعمل كلها بطور واحد .

ويبين الجدول ١٢ ـ ٢ البا رامترات الكهربائية الاساسية لهوائيات ياجى تبعا لعدد عناصرها .

٤) التوفيق والموازنة : ان التوفيق بين خط التغذية والهوائى يتطلب ان تكون معاوقة الهوائى عبارة عن مقاومة بحتة تساوى المعاوقة (المقاومة) المميزة لخط التغذية .

الجدول ١٢ – ٢

بارامترات الهوائى	الديبول المطوى (عنصر واحد)	الديبول المطوى مع العاكس (عنصران)	هوائى ياجى (ثلاثى العناصر)	هوائى ياجى (خماسى العناصر)	هوائى ياجى (سباعى العناصر)
كسب القدرة (بالنسبة الى الديبول)	١	٢,٣–١,٧	٤–٢,٩	٧,٨–٦,٢	١٢,٣–١١,٥
زاوية الاتجاهية (فى المستوى الافقى)	°٩٠ (من الامام والخلف)	°٩٥ (بشكل قلبى)	°٧٠	°٥٠	°٣٥

فعندما يستخدم الديبول البسيط ذو المعاوقة المساوية تقريبا ٧٠ أوم ، ينبغى استخدام خط التغذية المتوازن ذى المعاوقة ٧٥ او م ، وعندما يستخدم الديبول المطوى ، ينبغى استخدام الخط المتوازن ذى المعاوقة ٣٠٠ أوم .

ويمكن ان يتم التوفيق فى حالة عدم تساوى معاوقة الهوائى والمعاوقة المميزة لخط التغذية بتحويل احدى المعاوقتين بواسطة خط نقل أبتر ربع موجى .

ان معاوقة دخل مثل هذا « المحول » عند تحميله بمقاومة الهوائى R (الشكل ١٢ – ٦) تساوى $Z_m = \frac{\rho_T^2}{R}$ ، حيث ρ_T هى المعاوقة المميزة للخط المحول ربع الموجى .

واذا كانت المعاوقة المميزة لخط التغذية هى ρ_F ، فمن الضرورى لتوفيقه تحقيق المساواة $Z_m = \rho_F$ ، أى $\rho_F = \frac{\rho_T}{R}$ ، ومن ثم :

$$\rho_T = \sqrt{\rho_F R} \qquad (12.10)$$

خط التغذية | المحول

ρ_F | ρ_T | R | $\lambda/4$

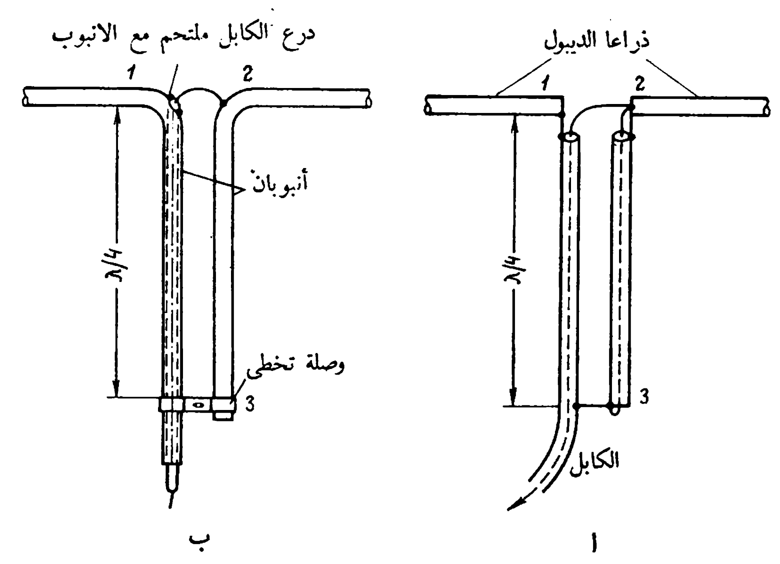
الشكل ١٢ – ٦ . التوفيق بين خط التغذية والحمل (الهوائى) بواسطة خط أبتر ربع موجى

اى ان التوفيق بين الهوائى وخط التغذية يتطلب ان تكون المعاوقة المميزة للمحول (الخط الابتر ربع الموجى) مساوية المتوسط الهندسى للمعاوقة المميزة لخط التغذية ومعاوقة الهوائى .

وعندما يوصل الهوائى المتوازن (الديبول مثلا) بالكابل المحورى غير المتوازن الذى يؤرض درعه (موصله الخارجى) عادة ، يختل التوازن فى توزع التيار والفلطية فى الهوائى ، مما يؤدى الى تشويه نمط الاتجاهية ، كما يؤدى الى تسرب التداخلات التى يلتقطها درع الكابل .

ويتم تفادى ذلك باستخدام قطاع ربع موجى من نفس الكابل المحورى، مقصر الدائرة فى كل من نهايتيه ، كما مبين فى الشكل ١٢ ــ ٧ . وتوصل احدى النهايتين (2) بذراع الديبول الذى يوصل اليه الموصل الداخلى للكابل الاساسى ، بينما توصل النهاية الاخرى (3) بدرع الكابل على بعد قدره $\frac{\lambda}{4}$. وهكذا يكون ذراعا الديبول متصلين بالنسبة الى الارض (درع الكابل) اتصالا متشابها تماما ، كما لو انهما موصلان بخط متوازن .

وطالما ان طول قطاع خط النقل المتكون من قطاع درع الكابل الاساسى 3 ــ 1 وقطاع الكابل المستخدم للموازنة 3 ــ 2 يساوى ربع الطول الموجى ،

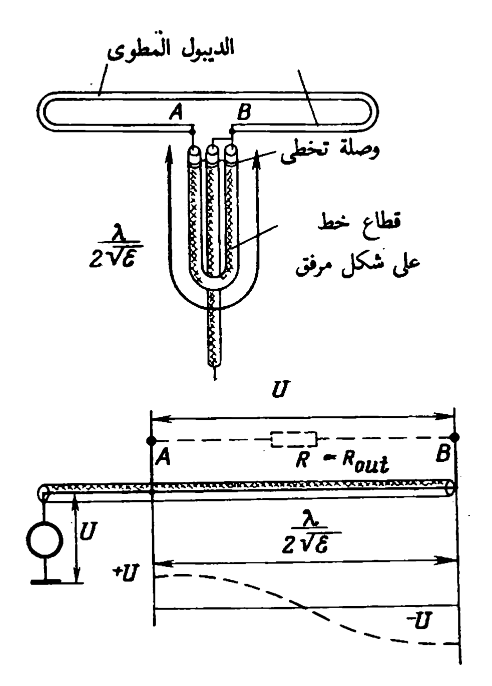


الشكل ١٢ ــ ٧ . وسيلة لموازنة تغذية الهوائى : أ ــ طريقة الموازنة ؛ ب ــ شكل التصميم العملى

لذلك لا يتفرع الى قطاع الكابل 3 — 2 اى تيار ، فلا يختل التوفيق بين الديبول وخط التغذية .

ومن الانسب عمليا استبدال قطاع الكابل بقطاع ربع موجى من الانبوب الذى يصنع منه الديبول ، كما مبين فى الشكل ١٢ — ٧ — ب . ويضبط طول انبوب الموازنة بتحريك وصلة التخطى ، بحيث يختلف الطول قليلا عن $\frac{\lambda}{4}$ من اجل تعويض المركبة المفاعلة لمعاوقة الديبول ، وبذلك يتم توفيقه مع خط التغذية بدقة اكبر .

وينبغى احيانا اجراء التوفيق والموازنة فى نفس الوقت ، كما فى حالة توصيل الكابل المحورى غير المتوازن ذى المعاوقة ٧٥ اوم الى الديبول المطوى المتوازن ذى المعاوقة ٣٠٠ اوم . ويتم ذلك مثلا بواسطة قطاع خط محورى نصف موجى مثنى على شكل الحرف U ، كما فى الشكل ١٢ — ٨ .



الشكل ١٢ — ٨ . قطاع خط محورى نصف موجى مثنى على شكل الحرف U (الرسم العلوى) والدائرة المكافئة (الرسم السفلى)

وطالما ان طول الموجة فى الكابل المحورى اقل بـ $\sqrt{\varepsilon}$ مرة مما فى الفضاء ، لذلك يختار طول « المرفق U » مساويا $\frac{\lambda}{2\sqrt{\varepsilon}}$.

ولكى يتم التوفيق ، ينبغى ان تكون معاوقة « المرفق U » بين النقطتين A و B مساوية لمعاوقة الهوائى .

ويمكن تحديد تلك المعاوقة (المقاومة R_{AB}) اذا لاحظنا ان الفلطية (U_{AB}) بين طرفى « المرفق U » تساوى ضعف فلطية الكابل (U_C) باعتباره

يقوم بدور مولد بالنسبة الى « المرفق U » ، كما موضح بالشكل ١٢ ــ ٨ ــ ب .

فاذا اهملنا المفقودات في « المرفق U » ، نجد من شرط تساوى قدرة الخرج وقدرة الدخل ان :

$$\frac{U_{AB}^2}{R_{AB}} = \frac{U_C^2}{\rho_C}$$

او

$$\frac{4\,U_C^2}{R_{AB}} = \frac{U_C^2}{\rho_C}$$

اى

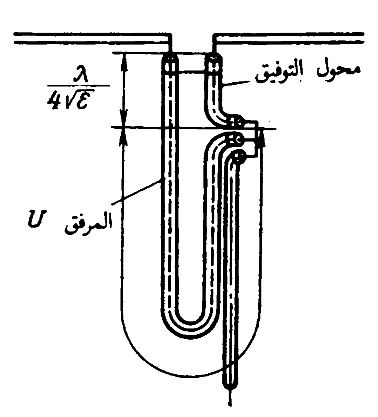
$$R_{AB} = 4\,\rho_C \qquad (12.11)$$

فعند استخدام الكابل ذى المعاوقة ٧٥ أوم ، تكون معاوقة خرج « المرفق U » مساوية ٣٠٠ اوم ، وبذلك يتحقق التوفيق والموازنة فى حالة الديبول المطوى .

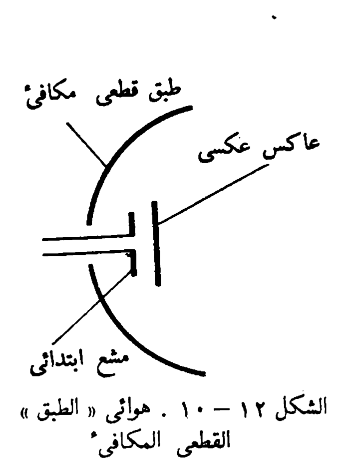
ويتم التوفيق فى حالة استخدام الديبول البسيط باضافة محول ربع موجى ، كما موضح بالشكل ١٢ ــ ٩ .

البند ١٢ ــ ٥ هوائيات الموجات الدقيقة

تستخدم للارسال والاستقبال التلفزيونى على الموجات الديسيمترية (ذات الترددات بعد العالية UHF) هوائيات بشكل اطباق (صحون) .



الشكل ١٢ ــ ٩ . موازنة الديبول نصف الموجى البسيط بواسطة « المرفق U »



الشكل ١٢ ــ ١٠ . هوائى « الطبق القطعى المكافئ »

ويتألف هوائي الطبق (الشكل ١٢ – ١٠) من «مرآة» معدنية على شكل سطح قطعي مكافيء ومشع (مغذى) ابتدائي يوضع في المركز البؤرى للمرآة . وينبغي احيانا ان تكون المرآة مثقبة من اجل تخفيف تأثير الرياح . ويستخدم كمشع ابتدائي على الموجات الديسيمترية (UHF) الديبول نصف الموجى ، بينما يستعمل على الموجات السنتيمترية (SHF) بوق يوصل اليه الدليل الموجى . ويمكن تحسين اتجاهية هوائي الطبق بوضع قرص عاكس امام المشع الابتدائي .

ويتحدد عرض حزمة اشعاع الهوائي θ وكسبه G بالعلاقتين :

$$\theta \approx 65 \frac{\lambda}{d}, \quad G \approx 5 \left(\frac{d}{\lambda}\right)^2 \tag{12.12}$$

حيث d هو قطر فتحة السطح العاكس (الطبق) .

ويعطي هوائي الطبق حزمة شعاعية دقيقة للغاية ، خاصة اذا كان يستخدم في مدى الموجات السنتيمترية ، حيث يمكن جعل النسبة $\frac{\lambda}{d}$ صغيرة جدا .

ويستعمل هوائي الطبق احيانا للارسال والاستقبال في نفس الوقت . وفي هذه الحالة يستخدم مشعان متعامدان لارسال او استقبال الاشارات مختلفة القطبية .

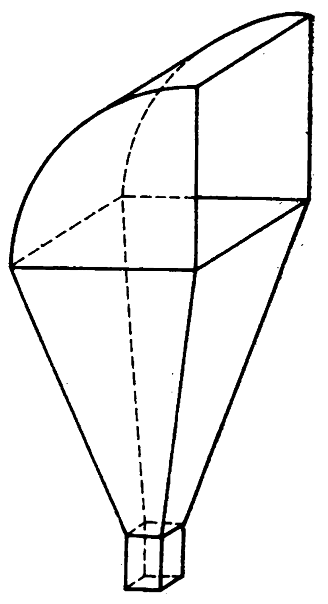
وبالاضافة الى الهوائيات القطعية المكافئة ، تستعمل على الموجات السنتيمترية هوائيات الابواق او هوائيات الابواق القطعية المكافئة ، بينما تستخدم كخطوط تغذية الدليلات الموجية .

البند ١٢ – ٦ هوائيات الارسال التلفزيوني

طالما ان استقبال الاشارات التلفزيونية ينبغي ان يكون ممكنا في جميع الاماكن المحيطة بمحطة التلفزيون على مدى خط النظر ، فمن الضرورى ان يكون نمط اتجاهية هوائيات الارسال دائريا في المستوى الافقي ، على ان يكون مضغوطا جدا نحو الارض في المستوى الرأسي . ومن الضرورى ايضا الا يقل عرض نطاق هوائيات الارسال عن ٨ ميجاهرتز ، كما يجب ان تكون

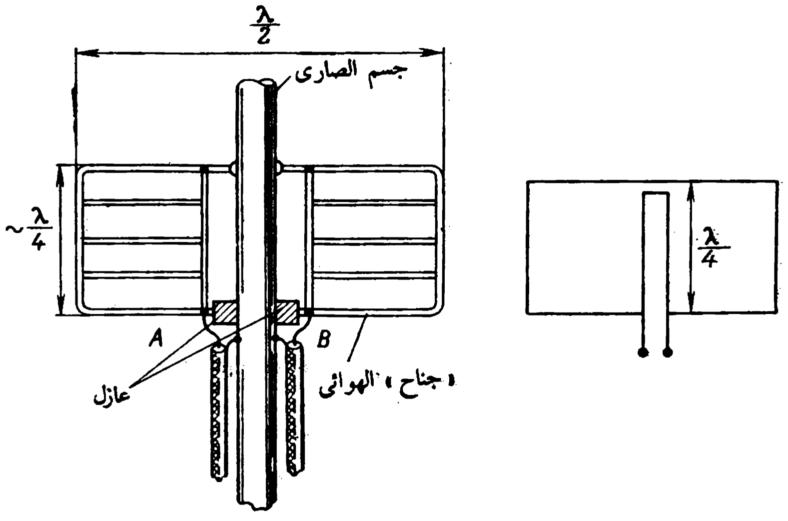
القدرة المتاحة لها كبيرة لدرجة كافية (بحيث لا تنشأ تجاوزات فى الفلطية تؤدى الى ظهور « هالات » على اطراف عناصر الهوائيات) .

وينبغى اخيرا تأريض الهوائيات (اى يجب ان تكون عناصرها ذات جهد صفرى) من اجل حمايتها من الشحنات الاستاتية وصدمات الصواعق .



الشكل ١٢ - ١١ . هوائى على شكل الحاجز الدوار

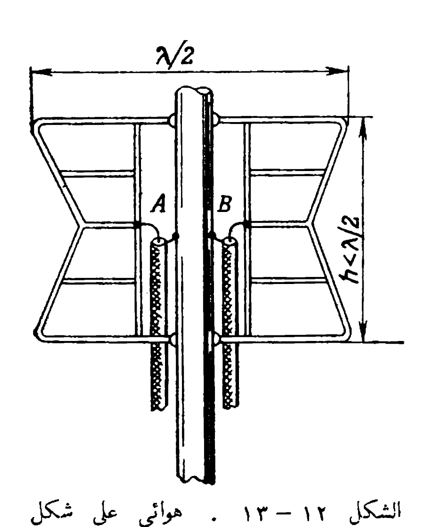
ويمكن الحصول على نمط اتجاهية دائرى فى المستوى الافقى واتجاهية صغرى فى الاتجاه الرأسى باستخدام صفوف من هوائيات على شكل الحواجز الدوارة . ويبين الشكل ١٢ — ١١ مبدأ عمل مثل هذه الهوائيات . وهنا يتم الحصول على نمط الاتجاهية الدائرى بتوصيل ديبولين متعامدين بخطى تغذية يختلفان من حيث الطول بقدر ربع الطول الموجى ليعطيان فرقا فى الطور يساوى ٩٠° .



الشكل ١٢ — ١٢ . هوائى براودى والدائرة المكافئة له

ولكى تكون القدرة المتاحة للهوائيات (بدون تجاوزات فى الفلطية) كبيرة لدرجة كافية ، ينبغى ان تكون عناصرها كبيرة القطر ومدورة الاطراف.

وكما نعلم من الهندسة الكهربائية ، يتمتع القضيب الاسطوانى بسعة مساوية لسعة اللوح الرقيق ذى العرض المساوى لضعف القضيب ، ومن ثم يمكن استبدال الديبولات الاسطوانية بديبولات مستوية . ولكن الهوائيات المستوية شديدة التأثر بالرياح ، ولذا تستبدل الالواح المستوية بصفوف مستوية من الانابيب .



الشكل ١٢ — ١٣ . هوائى على شكل جناحى الخفاش

ويبين الشكل ١٢ — ١٢ على سبيل المثال هوائى « براودى » الذى ينتمى الى هوائيات « الحواجز الدوارة » ، و عيبه يكمن فى ضرورة استخدام عوازل لتثبيت الطرفين السفليين لجناحى الهوائى .

ويبين الشكل ١٢ — ١٣ هوائيا على شكل جناحى الخفاش (على شكل الحرف الروسى « جى » Ж) ، يتألف من هوائيين من هوائيات براودى متصلين فى النقطتين A و B . ويمتاز هذا التصميم بأن جناحى الهوائى مثبتان على الصارى بدون عوازل .

ولا تستخدم هوائيات « الحواجز الدوارة » لقنوات كثيرة ، لأن من الصعب تركيبها جميعا على الحامل بمتانة كافية .

وتستعمل محطات التلفزيون المتعددة البرامج هوائيات مؤلفة من ديبولات او سياط (موجهة قطريا) نصف موجية او موجية توزع على محيط الحامل .

الفصل الثالث عشر

اجهزة الاستقبال التلفزيونى

البند ١٣ ــ ١ وصف عام لاجهزة الاستقبال التلفزيونى

١) وظائف جهاز الاستقبال التلفزيونى . ان جهاز الاستقبال التلفزيونى من الطراز الاذاعى (جهاز التلفزيون) يجب ان يؤدى الوظائف التالية :

١ ــ استقبال اشارتى الصورة والصوت اللاسلكيتين ؛

٢ ــ تكبير هاتين الاشارتين ؛

٣ ــ فصلهما ؛

٤ ــ كشف كل منهما ؛

٥ ــ تكبير الاشارة الصورية بالقدر الذى يتطلبه انبوب الصورة وتكبير الاشارة السمعية بالقدر اللازم للمجهار ؛

٦ ــ فصل نبضات التزامن الافقية والرأسية عن الاشارة الصورية وتمييز بعضها عن بعض ؛

٧ ــ توليد تيارات سن منشار متزامنة مع نبضات التزامن لتأمين الحركة الضرورية للشعاع الالكترونى على شاشة انبوب الصورة (المسح) ؛

٨ ــ تحويل الاشارة الصورية المستقبلة الى صورة مرئية وتحويل الاشارة السمعية الى صوت ؛

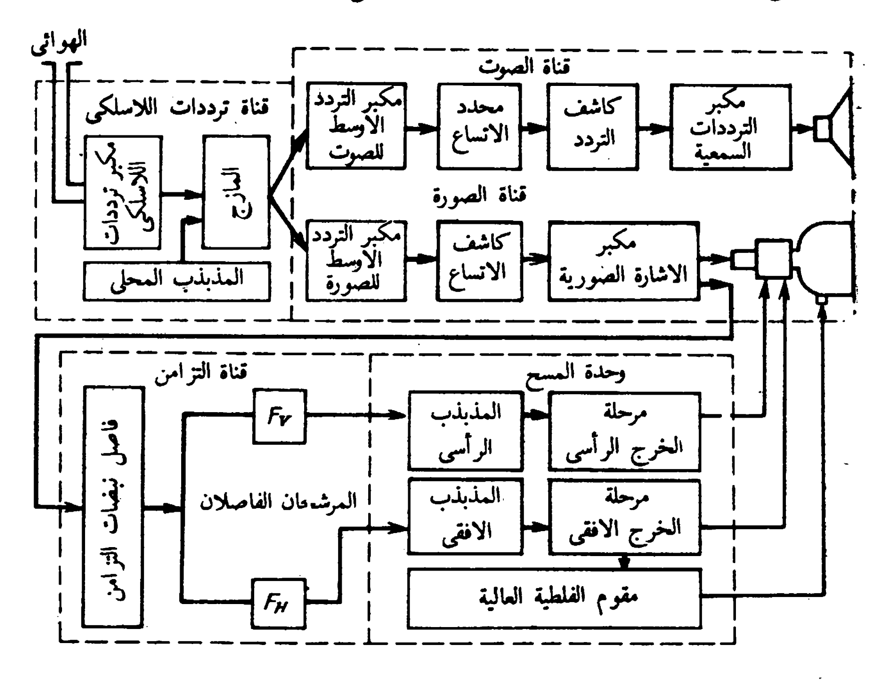
٩ ــ تأمين تغذية جميع دوائر الصمامات وانبوب الصورة .

ومن اجل اداء كل تلك الوظائف ينبغى ان يشتمل جهاز الاستقبال على الوحدات والدوائر المناظرة .

٢) الرسم التخطيطى لمراحل جهاز الاستقبال التلفزيونى . يمكن تصميم اجهزة الاستقبال التلفزيونى بطريقة الاستقبال المباشر او بطريقة السوبرهترودين (التضارب الفوقى) .

وتمتاز اجهزة السوبرهترودين بحساسية اعلى وانتقائية افضل ، كما تمتاز بسهولة تغيير توليفها من موجة الى موجة . ولذلك ، ادى ازدياد عدد محطات التلفزيون وعدد برامج الاذاعة التلفزيونية الى إيقاف انتاج اجهزة الاستقبال المباشر .

لنتأمل الرسم التخطيطي لمراحل جهاز الاستقبال التلفزيونى السوبرهترودينى الذى ظل يعتبر نموذجيا سنوات عديدة (الشكل ١٣ ــ ١) .



الشكل ١٣ ــ ١. الرسم التخطيطى لجهاز الاستقبال التلفزيونى المصمم بطريقة « الصوت المنفصل »

ان اشارتى الصورة والصوت اللتين يلتقطهما الهوائى تدخلان الى مكبر ترددات اللاسلكى (RF) ، حيث يجرى تكبيرهما وفصلهما عن الاشارات الدخيلة ، ثم يقوم المازج بمزجهما مع ذبذبات المذبذب المحلى لتحويل ترديهما الى ترددين اوسطين (IF) ، وبعد ذلك يتم تكبيرهما بقناتين منفصلتين .

وتكبر اشارة الصورة الخارجة من المازج بمكبر التردد الاوسط للصورة ، ثم يتم كشفهما بواسطة كاشف الاتساع . وتوصل الاشارة الصورية الخارجة من

الكاشف الى المكبر الصورى الذى تسلط من خرجه على الكترود تحكم أنبوب الصورة ، كما تنقل ايضا الى قناة التزامن .

وتتكون قناة التزامن من فاصل اشارات التزامن والمرشحين الفاصلين لنبضات التزامن الافقية والرأسية .

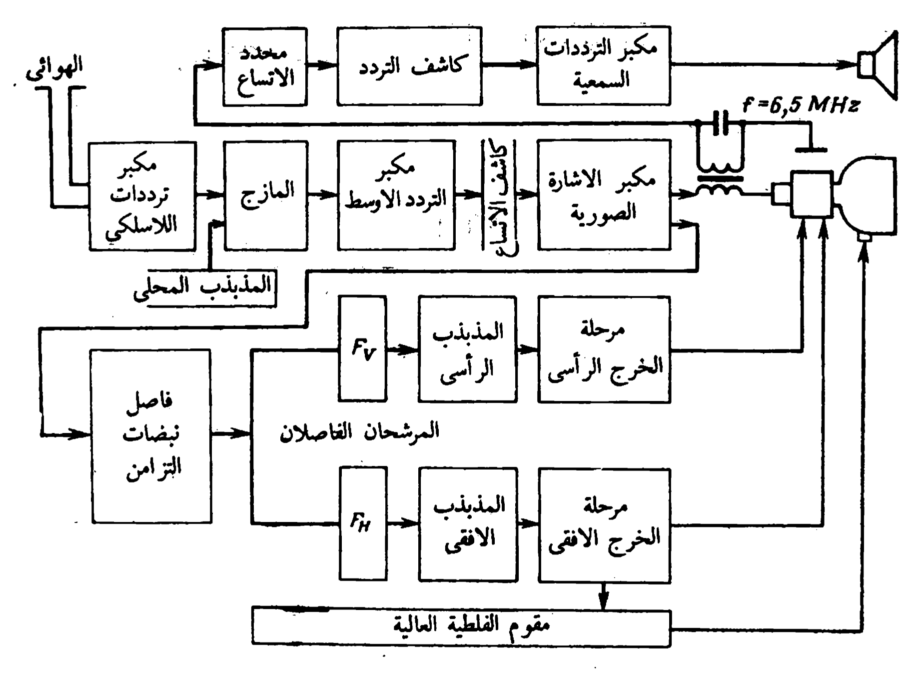
وتسلط النبضات الخارجة من قناة التزامن على وحدة المسح .

اما قناة الصوت ، فهى تشتمل على مكبر التردد الاوسط للصوت ، ومحدد الاتساع ، وكاشف التردد (طالما ان الصوت يرسل فى الاذاعة التلفزيونية بطريقة تعديل التردد) ، ومكبر الترددات السمعية الذى يحفز المجهار .

وتتصف الطريقة التى سبق وصفها بعيب هام ، وهو قلة استقرار استقبال الصوت المصاحب للصورة . وينجم هذا العيب عن ان التغيرات العشوائية فى فلطية منبع القدرة والظروف المحيطة يمكن ان تسبب تغيرا كبيرا فى تردد المذبذب المحلى ، ويتغير التردد الاوسط تغيرا مماثلا بالقيمة المطلقة واكبر كثير نسبيا ، فيختل توليف مكبر التردد الاوسط ، وبذلك تتشوه الاشارة التى يجرى تكبيرها . ونظرا لأن عرض نطاق مكبر التردد الاوسط للصوت اقل كثيرا من عرض نطاق مكبر التردد الاوسط للصورة ، فان اشارة الصوت تتشوه اكثر بكثير عند اختلال التوليف بنفس المقدار . ويلاحظ اختلال التوليف وتشوه اشارة الصوت بشدة خصوصا على القنوات التلفزيونية ذات الترددات الاعلى (اعلى من ١٠٠ ميجاهرتز) . ولذلك تصنمم اجهزة الاستقبال التلفزيونى العصرية بطريقة مختلفة نوعا ما ، حسب الرسم التخطيطى المبين بالشكل ١٣ — ٢ . وتتميز هذه الطريقة بأن اشارة الصوت المصاحب للصورة تمر مع اشارة الصورة بقناة مشتركة (هى اساسا قناة الصورة) . وفى هذه الحالة يؤدى تضارب الموجتين الحاملتين للصورة والصوت فى الكاشف الصورى الى ان يظهر فى خرج الكاشف التردد الفرقى الذى يساوى فى المتوسط ٦,٥ ميجاهرتز * .

---

* هذا فى النظام التلفزيونى السوفييتى، بينما هو ٥,٥ ميجاهرتز فى النظام الاوربى الغربى (المترجم) .



الشكل ١٣ – ٢. الرسم التخطيطى لجهاز الاستقبال التلفزيونى المصمم بطريقة « التضارب بين الحاملتين »

وطالما ان الموجة الحاملة للصوت معدلة تعديل تردد والموجة الحاملة للصوت معدلة تعديل اتساع ، فان اشارة التضارب ، ذات التردد الفرقى ، تكون معدلة من حيث التردد والاتساع .

ومع ان المكبر الصورى يصمم عادة لتكبير نطاق عرضه حوالى ٦ ميجاهرتز ، نجد انه يعطى بعض الكسب ايضا لدى التردد التضاربى ٦,٥ ميجاهرتز . ومن الاشارة العامة يتم فصل الاشارة ذات التردد التضاربى من خرج المكبر الصورى بواسطة دائرة رنين ، ثم تمرر من خلال محدد يعمل على كبت تعديل الاتساع . وبعد ذلك يتم كشف تعديل التردد بواسطة كاشف التردد الذى تسلط الاشارة السمعية من خرجه على المكبر السمعى .

وتمتاز الاجهزة التى تعمل بطريقة التضارب بين الموجتين الحاملتين للصورة والصوت (الاجهزة ذات القناة المشتركة) بأن انسياق تردد المذبذب المحلى وتغير الترددين الاوسطين للصورة والصوت الناجم عنه لا يؤدى الى تشويه

اشارتى الصورة والصوت تشويها ملحوظا ، طالما ان هاتين الاشارتين تكبران بمكبر عريض النطاق ، بالاضافة الى ان التردد التضاربى (٦,٥ ميجاهرتز) يبقى ثابتا ، لأنه يتحدد بالفرق بين ترددى جهازى ارسال الصورة والصوت اللذين تضمن استقرارهما محطة التلفزيون . وفى هذه الحالة ليس ثمة حاجة لضبط توليف المذبذب المحلى دوريا ، كما يجرى ذلك فى حالة استخدام اجهزة « الصوت المفصل » (الاجهزة ذات القناتين المنفصلتين) .

وتمتاز طريقة التضارب بين الموجتين الحاملتين ايضا بأنها تبسط تصميم جهاز التلفزيون نوعا ما ، طالما انها تسمح بالاكتفاء بمرحلة واحدة لتكبير اشارة الصوت لدى التردد الاوسط التضاربى بدلا من استخدام مكبر معقد ذى مرحلتين او ثلاث . اما وحدتا التزامن والمسح ، فهما فى اجهزة « التضارب بين الموجتين الحاملتين » مما ثلتان لما فى اجهزة « الصوت المنفصل » .

وتتصف اجهزة « التضارب بين الموجتين الحاملتين » ايضا بعدة عيوب ، منها انه لا يوجد فيها مثل ذلك المؤشر الدقيق لسلامة توليف جهاز التلفزيون ، كالمؤشر الذي يتمثل بجودة الصوت فى اجهزة « الصوت المنفصل » . فعندما ندير ضابط التوليف فى جهاز « التضارب بين الموجتين الحاملتين » ، لا نلاحظ تغيرا فى جودة الصوت ، حتى ولو اختل التوليف كثيرا . ولذلك لا يمكن ضبط توليف مثل هذا الجهاز ، الا بتوليفه للحصول على احسن صورة لنموذج الاختبار .

ومن العيوب الاخرى لأجهزة « التضارب بين الموجتين الحاملتين » ان من الصعب التخلص من الازيز ذى التردد الرأسى الذى يسمع فيها مع الصوت . ويظهر هذا الازيز نتيجة لعدة اسباب ، منها اولا عدم سلامة عمل المحدد الذى يلغى (يكبت) تعديل اتساع الاشارة ذات التردد التضاربى ، وثانيا لاخطية المنحنيات المميزة لتحويل الاتساع فى مراحل التكبير المشتركة (مكبر التردد الاوسط والمكبر الصورى) السابقة لمأخذ التردد التضاربى . وينجم عن اللاخطية فى هذه المراحل ان تعدل اشارة التضارب بين الموجتين الحاملتين بالاشارة الصورية تعديلا ترددياً طفيليا ، ولذا يظهر الازيز . ويمكن اضعاف

الازيز على حساب تعقيد الجهاز باستخدام صمامات مرتفعة القدرة فى المراحل الاخيرة لمكبر التردد الاوسط وبأخذ الاشارة التضاربية الحاملة للصوت من نقطة منخفضة المستوى وباضافة عدة مراحل لتكبير التردد التضاربى . ولكن كل هذه الاجراءات لا تضمن التخلص من الازيز تماما ، اذ انه يمكن ان يظهر مثلا عند حدوث تغير طارىء فى النسبة بين حاملتى الصورة والصوت او عمق التعديل فى جهاز الارسال التلفزيونى . ولذلك تدرس الآن امكانيات العودة الى استخدام طريقة « الصوت المنفصل » .

ومن عيوب اجهزة « التضارب بين الموجتين الحاملتين » كذلك عدم امكانية استقبال محطات الاذاعة الصوتية التى تعمل فى نفس النطاق الترددى (محطات تعديل التردد *FM*) ، والبرامج الصوتية للمحطات التلفزيونية ايضا فى حالة عدم تشغيل جهاز ارسال الصورة .

البند ١٣ ــ ٢ قسم ترددات اللاسلكى

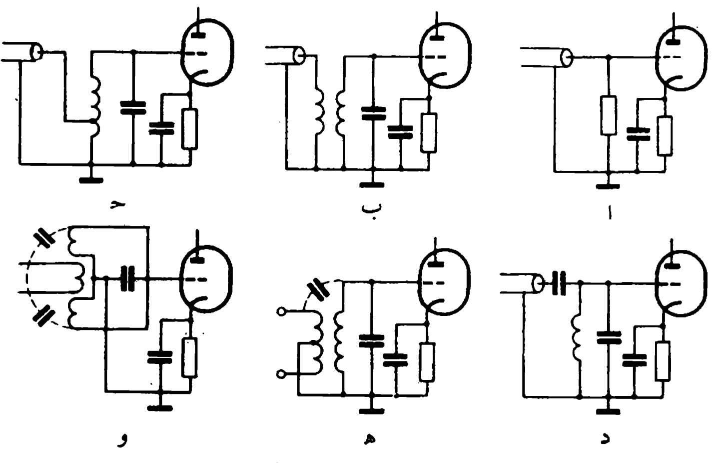
١) دوائر الدخل : كما سبق ان ذكرنا فى الفصل الثانى عشر ، يوصل الهوائى مع دخل جهاز الاستقبال بكابل محوري او خط مزدوج متوازن . ومن الضرورى ، كما نعلم ، تلبية المطلبين التاليين :

١ ــ يجب ان تكون معاوقة دخل جهاز الاستقبال مساوية للمعاوقة المميزة لخط التغذية ، اي ينبغي ، كما يقال ، التوفيق بين دخل جهاز الاستقبال وخط التغذية ؛

٢ ــ عندما يستخدم خط تغذية متوازن ، يجب ان يكون دخل جهاز الاستقبال متوازنا ايضا .

ويمكن التوفيق بين دخل جهاز الاستقبال وخط التغذية بطريقة بسيطة وموثوقة ، هى ان نستخدم كدائرة دخل لجهاز الاستقبال مقاومة اومية مساوية للمعاوقة المميزة لخط التغذية (الشكل ١٣ ــ ٣ ــ أ) .

وتكون عملية التوفيق بين دخل جهاز الاستقبال وخط التغذية اكثر تعقيدا ، اذا كانت دائرة الدخل عبارة عن دائرة رنين مقترنة بخط التغذية



الشكل ١٣ – ٣ . دوائر دخل أجهزة التلفزيون

بواسطة محول (الشكل ١٣ – ٣ – ب) او محاثة مجزأة (الشكل ١٣ – ٣ – جـ) . ولكن طريقة التوصيل هذه تزيد من الكسب وتحسن الانتقائية . وتستخدم احيانا طريقة التقارن السعوى بين دائرة الرنين وخط التغذية (الشكل ١٣ – ٣ – د) .

وفى حالة استعمال خط التغذية المتوازن ، يتم التقارن عادة بواسطة محول حتى يمكن جعل دائرة الدخل متوازنة بتأريض تفريعة منتصف الملف الموصل الى الهوائى (الشكل ١٣ – ٣ – هـ) . وينبغى ان تكون السعة بين ملفى المحول اقل ما يمكن لئلا يؤدى عدم توازن دائرة الرنين الى اختلال توازن دائرة الدخل . ويمكن الحصول على توازن كامل باستخدام دائرة رنين ذات ملفين (الشكل ١٣ – ٣ – و) .

ولكى يكون بامكان جهاز التلفزيون ان يستقبل الصورة فى اقصى وأقل الاماكن بعدا عن محطة التلفزيون بدون حدوث تجاوز فى الحفز اوتشوه فى الصورة ، يتم تجهيزه عادة بدخلين : دخل اساسى ذو حساسية عظمى ، ودخل اضافى ذو حساسية منخفضة (اقل ١٠ مرات مثلا) . و من الضرورى الا تسبب مقسمات الفلطية المستخدمة لتخفيض الحساسية اى إختلال فى توفيق دوائر الدخل او توازنها (ان وجد) .

ويتم توسيع نطاق الترددات التى تمررها دائرة رنين الدخل ودوائر الرنين التى تليها بتوصيل مقاومات صغيرة نسبيا على التوازى معها عادة . ومن اجل زيادة المعاوقات المميزة لدوائر الرنين تختار سعاتها اقل ما يمكن ، حتى انه كثيرا ما يكتفى بالسعات الشاردة الموجودة حتما (سعات الملفات والصمامات والتوصيلات) .

٢) مكبر ترددات اللاسلكى : اذا كانت التشويشات الخارجية هى التى تحد من حساسية جهاز الاستقبال والكسب الممكن بلوغه لدي الموجات المتوسطة والقصيرة ، فان تأثير تلك التشويشات غير موجود عمليا فى نطاق الموجات شديدة القصر ، ويتحدد الكسب المتاح لدى هذه الموجات اساسا بالضوضاء المتولدة داخل جهاز الاستقبال . وعلى هذا النحو يمكن رفع الكسب فى جهاز الاستقبال التلفزيونى الى الحد الذى تظهر عنده على الصورة ضوضاء شديدة نسبيا .

وتتوقف نسبة الاشارة الى الضوضاء فى جهاز الاستقبال اساسا على ضوضاء مرحلة التكبير الاولى ، اذ ان الضوضاء التى تضيفها المراحل التى تليها تتناسب عكسيا مع الكسب السابق لها . فاذا كان كسب المرحلة الاولى يساوى ٤ مثلا ، فان الضوضاء التى تضيفها المرحلة التالية تساوى $\frac{١}{١٦}$ من ضوضاء المرحلة الاولى . فمن الضرورى عمليا ان تؤخذ فى الاعتبار ضوضاء المرحلة الاولى فقط ، وفى حالات نادرة ضوضاء المرحلة الثانية ايضا .

وكما سبق ان اشير فى الفصل الثالث ، تمتاز الصمامات الثلاثية بأنها افضل انواع الصمامات من حيث الضوضاء ، اذ ان المقاومة المكافئة للضوضاء تكون لديها فى حدود ١٠٠ ـــ ١٠٠٠ أوم فقط ، بينما هى عند الصمامات الخماسية ١٠٠٠ ـــ ٣٠٠٠ أوم ، وتبلغ عند الصمامات السداسية والثمانية ١٠٠٠٠ ـــ ١٠٠٠٠٠ أوم .

وعندما يعمل الصمام كمازج ، فانه يتمتع بمقاومة مكافئة للضوضاء اكبر بحوالى ٥٠ ـــ ٦٠٪ ، مما هى فى حالة عمل نفس الصمام كمكبر .

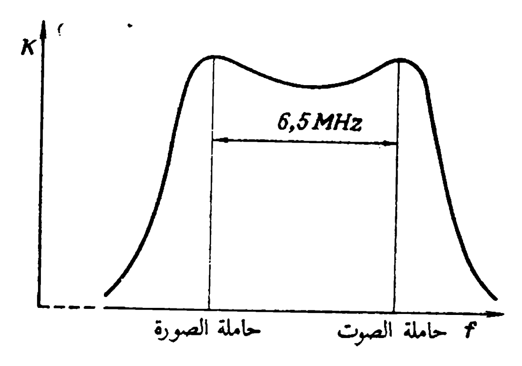
وتتناسب المقاومة المكافئة للضوضاء لدى كل نوع من انواع الصمامات تناسبا عكسيا مع مواصلته التبادلية . فمن اجل خفض مستوى ضوضاء جهاز

الاستقبال الى اقل ما يمكن ، ينبغي ان نستخدم فى المرحلة الاولى صماما ثلاثيا (او خماسيا) ذا مواصلة تبادلية كبيرة بقدر ما يمكن ، كما ينبغي ان تعمل هذه المرحلة كمكبر . ومن الضرورى ايضا ان نستخدم كمازج صماما ثلاثيا او خماسيا .

وينبغي كذلك ان تكون الترانزستورات المستخدمة لدى الترددات العالية جدا من انواع خاصة ، بحيث تستطيع ان تعطى كسبا كافيا عند اعلى الترددات المطلوب استقبالها ، اى يجب ان يكون ترددها الحدي اعلى كثيرا من ۲۳۰ ميجاهرتز (اقصى الترددات المستخدمة للارسال التلفزيونى فى مدى الموجات المترية) . ويجب ان تكون الضوضاء التي يولدها الترانزستور عند ذلك التردد منخفضة المستوى .

ولما كانت الترانزستورات العادية المسماة ترانزستورات الوصلة المسبوكة تعمل عملا مرضيا لدى ترددات لا تزيد عن عشرات الميجاهرتز ، لذلك لم يكن من الممكن استخدام الترانزستورات لتصميم مراحل دخل اجهزة التلفزيون الابعد ظهور انواع جديدة من الترانزستورات قادرة على العمل عند ترددات عالية لدرجة كافية (ترانزستورات الانتشار وترانزستورات ميسا وترانزستورات بلانار) .

ومما تتميز به مكبرات ترددات اللاسلكى فى اجهزة التلفزيون انه يتم توليفها ، بحيث تقع الموجتان الحاملتان للصورة والصوت عند حافتي الاستجابة الترددية (الشكل ١٣ ـ ٤) ، خلافا لأجهزة الراديو التي تولف

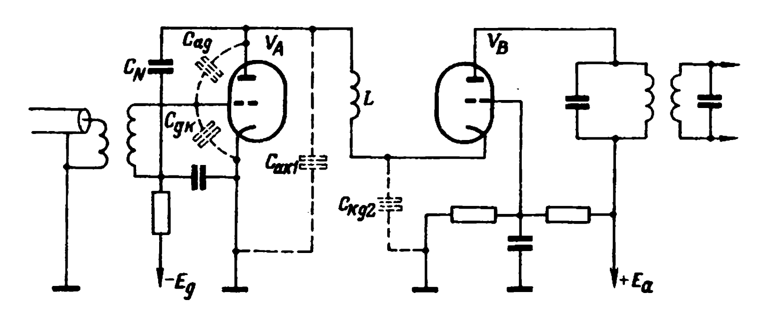


الشكل ١٣ ـ ٤ . الاستجابة الترددية لمكبر ترددات اللاسلكى فى جهاز التلفزيون ووضع حاملتى الصورة والصوت

بحيث تكون الموجة الحاملة فى منتصف الاستجابة الترددية (المنحنى الخصائصى الترددى) . ويفسر ذلك بأن مراحل ترددات اللاسلكى فى اجهزة التلفزيون يجب ان تمرر كلا الموجتين الحاملتين للصورة والصوت ، مع العلم ان اشارة الصورة اللاسلكية ترسل بنطاق جانبى سفلى مكبوت جزئيا .

ويتم تكبير ترددات اللاسلكى فى اجهزة التلفزيون العصرية باستخدام دائرة الكاسكود التى تعطى مستوى منخفض من الضوضاء (راجع الفصل التاسع) .

وتتكون هذه الدائرة ، كما يبين الشكل ١٣ — ٥ ، من مرحلتى تكبير ، احداهما ذات كاثود مؤرض ، والاخرى ذات شبكة مؤرضة بالنسبة الى التيار



الشكل ١٣ — ٥ . دائرة كاسكود لتكبير ترددات اللاسلكى

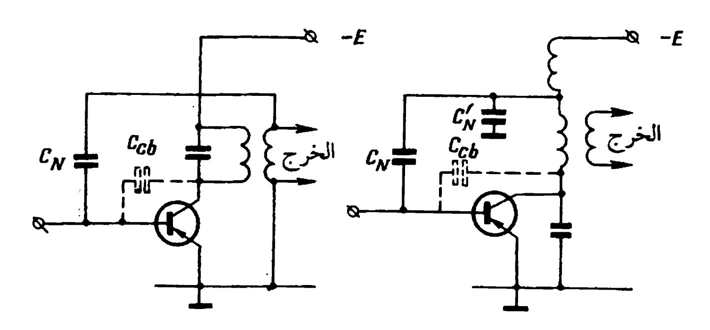
المتردد . ومن الضرورى لتلافى الاستثارة الذاتية لمرحلة التكبير ذات الكاثود المؤرض تعويض او معادلة تأثير السعة بين الانود والشبكة C_{ag} . ويتم ذلك باستخدام مكثف التعادل C_N وبضبط سعته ، بحيث تتوازن القنطرة التى يؤلفها مع السعات C_{ag} و C_{gk} و C . ويتحقق التوازن عندما $\frac{C_N}{C} = \frac{C_{aq}}{C_{gk}}$. وفى هذه الحالة ينعدم تأثير تغير جهد انود الصمام على جهد شبكته .

ويحمل الصمام V_A بدائرة رنين على شكل الحرف اليونانى Π مكونة من الملف L والسعتين الداخليتين للصمامين C_{ak_1} و C_{kg_2} . وطالما ان هذه الدائرة متصلة على التوازى مع المقاومة الصغيرة لدخل الصمام الثانى V_B ذى الشبكة المؤرضة ، لذلك تكون ذات نطاق تمرير واسع جدا يكفى لتمرير اشارات جميع القنوات التلفزيونية الاثنى عشرة عند توليفها على تردد رنين يساوى حوالى ١٧٠ ميجاهرتز .

ويوصل بدائرة انود الصمام الايمن مرشح مزدوج التوليف له استجابة رنينية ذات قمتين. ومن هذه الاستجابة واستجابة دائرة الدخل الوحيدة القمة نحصل على الاستجابة الكلية للمكبر التى تكون كما فى الشكل ١٣ ــ ٤ .

وتصمم مكبرات ترددات اللاسلكى بالترانزستورات بطريقة الباعث المشترك او بطريقة القاعدة المشتركة . وتعتبر هاتان الطريقتان متكافئتين تقريبا برقم الضوضاء ، وتعطيان نفس كسب القدرة تقريبا لدى الترددات العالية لدرجة كافية :

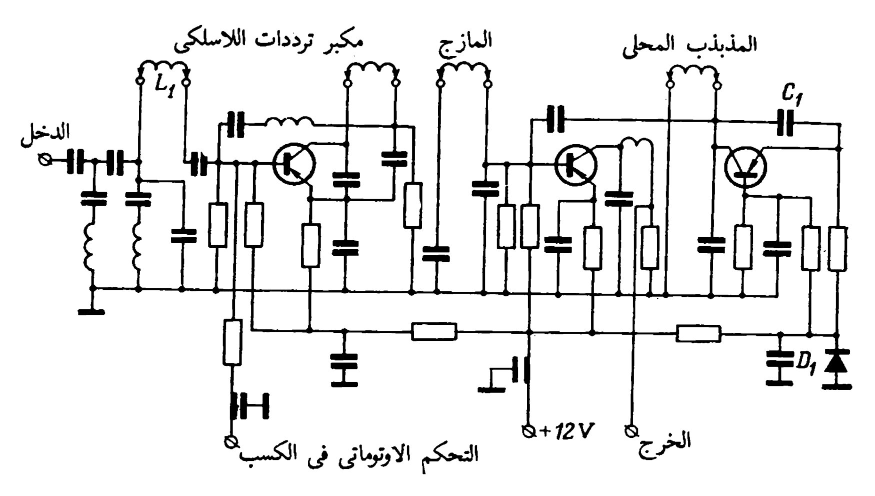
وتمتاز الدائرة ذات الباعث المشترك بكسب اكبر عند الترددات المنخفضة نسبيا ، ولكنها تتضمن تغذية خلفية داخلية بالغة تنجم عن السعة الكبيرة نسبيا بين المجمع والقاعدة . وتزداد هذه التغذية الخلفية ، كلما ارتفع التردد ، ويمكن ان تؤدى الى الاستثارة الذاتية للمكبر ، وتسبب تغيرا فى استجابته وكسبه ، وقد تحدث ظواهر اخرى غير مرغوب فيها ايضا .



الشكل ١٣ ــ ٦ . طريقتان لمعادلة التغذية الخلفية المتأصلة فى الترانزيستور

ويمكن معادلة السعة بين المجمع والقاعدة بالطريقتين المبينتين بالشكل ١٣ ــ ٦ وبطرائق اخرى كثيرة . ولكن اختيار مكونات دوائر المعادلة وضبطها يرتبطان بصعوبات جمة ، اذ انه لا يمكن الحصول على تعادل جيد الا فى مدى ترددى ضيق .

ويبين الشكل ١٣ ــ ٧ على سبيل المثال دائرة قسم ترددات اللاسلكى فى جهاز التلفزيون « يونست » الذى تستخدم فيه لتكبير ترددات اللاسلكى طريقة الباعث المشترك . وتدخل الاشارة الى المكبر عن طريق الملف L_1



الشكل ١٣ – ٧ . دائرة قسم ترددات اللاسلكى فى جهاز تلفزيون من طراز « يونست »

الذى يجرى تبديله عند اختيار القناة . ومن اجل التوفيق بين الجهاز والكابل ، ينبغى ان تكون معاوقة دخل الترانزستور مساوية للمعاوقة المميزة للكابل . ويستخدم فى دخل الجهاز مرشح تمرير ترددات مرتفعة ذو تردد قطع يساوى حوالى ٤٠ ميجاهرتز لمنع دخول الاشارات غير المرغوب فيها التى يكون ترددها مساويا للتردد الاوسط او اقل من تردد القناة الاولى . وتختار دائرة خرج مكبر ترددات اللاسلكى مزدوجة التوليف لتحسين الانتقائية بالنسبة الى تردد صورة الاشارة .

٣) مغير التردد . يتم تغيير التردد عادة بصمامين مستقلين : صمام خماسى او ثلاثى ذو مواصلة تبادلية كبيرة يعمل كمازج ، وصمام ثلاثى يعمل كمذبذب محلى . ويستخدم لتغيير التردد صمام واحد ذو قطاعين : ثلاثى خماسى او ثلاثى مزدوج . ويتم مزج الاشارة المستقبلة مع خرج المذبذب المحلى فى اغلب اجهزة التلفزيون بتسليطهما على شبكة واحدة من شبكتان المازج. ويختار كمذبذب محلى فى اغلب الحالات مذبذب LC ذو تغذية خلفية سعوية (مذبذب كولبتز) . ويمتاز هذا المذبذب بأن تردده لا يعتمد كثيرا على السعات الداخلية بين الكترودات الصمام . ويتم تحسين استقرار التردد باستخدام مكثف ذى معامل حرارى مناسب . ومن اجل الحصول على القيمتين اللازمتين للترددين الاوسطين للصورة والصوت بدقة ، ينبغى ان يكون بالامكان ضبط تردد

المذبذب ضبطا متصلا (بسلاسة) ، ولذا يستخدم مكثف متغير السعة . وطالما ان الملامسات الاحتكاكية لمكثفات الضبط لا تعمل عملا مرضيا فوق ١٠٠ ميجاهرتز ، لذلك يتم ضبط سعة مكثف المذبذب المحلى بتغيير حجم الفراغ المملوء بالعازل بين لوحى المكثف .

ويختار تردد المذبذب المحلى عادة اعلى من ترددى الموجتين الحاملتين للصورة والصوت المراد استقبالهما . ولذلك يكون التردد الاوسط للصورة فوق التردد الاوسط للصوت ، مما يسهل الحصول على نطاق ترددى واسع فى مكبر التردد الاوسط للصورة ، ويسهل ايضا حماية قناة الصورة من تداخلات محطات « صورة الاشارة » ، كما يسهل الحصول على كسب كبير وانتقائية جيدة فى قناة الصوت المصاحب .

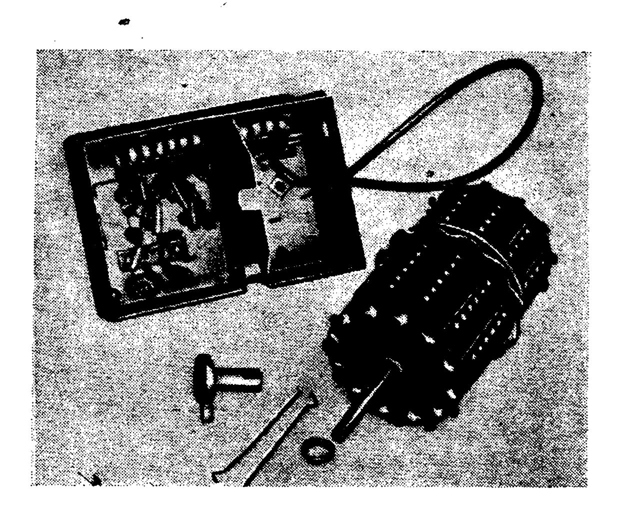
ويمكن استخدام الترانزستور كمازج بطريقة الباعث المشترك او بطريقة القاعدة المشتركة . وتعطى الطريقتان نفس المواصلة التبادلية للتحويل (لتغيير التردد) . اما ضمان الاستقرار فى عمل المازج ، فهو ليس معقدا كما فى مكبر ترددات اللاسلكى ، اذ ان الفرق الكبير بين ترددى اشارتى الدخل والخرج يضعف التغذية الخلفية كثيرا . ويمكن تغيير التردد فى المازج الترانزستورى ، كما فى المازج الصمامى ، بتسليط فلطيتى الاشارة والمذبذب على الكترود واحد (على الباعث فى الدائرة ذات القاعدة المشتركة ، او على القاعدة فى الدائرة ذات الباعث المشترك كما فى الشكل ١٣ ــ ٧) ، ويمكن ايضا بتسليط الفلطيتين على الكترودين مختلفين (تسلط فلطية الاشارة على القاعدة وفلطية المذبذب على الباعث فى الدائرة ذات الباعث المشترك ، بينما تسلط الاولى على الباعث والثانية على القاعدة فى الدائرة ذات القاعدة المشتركة) .

ويصمم المذبذب المحلى الترانزستورى ، كالصمامى ، بطريقة التغذية الخلفية السعوية (وهى تتم فى الشكل ١٣ ــ ٧ عن طريق C_1) . وتتخذ عدة اجراءات لضمان استقرار تردده ، منها تثبيت فلطية التغذية بواسطة ثنائيات زينر (الثنائى D_1 فى الشكل ١٣ ــ ٧) ، واختيار تقارن ضعيف بين دائرة الرنين والترانزستور وكذلك بين المذبذب والمازج ، واستخدام مكثفات ذات معامل حرارى صغير .

٤) المؤلف (منتخب القنوات) . تصمم اجهزة التلفزيون العصرية لاستقبال اية قناة من القنوات التلفزيونية الاثنتى عشرة . وتختار القناة بتوليف دائرة الدخل ومكبر ترددات اللاسلكى والمذبذب المحلى . ومن الضرورى ان يكون بالامكان تغيير التوليف فى مدى ترددى واسع جدا (من ٥٠ ميجاهرتز حتى ٢٣٠ ميجاهرتز تقريبا) ، مما ترك اثره على تصميم منظومة التوليف . ولقد تبين ان اكثر العناصر والوسائل المستخدمة للتوليف فى هندسة اللاسلكى ملاءمة واعتمادية للاستخدام فى اجهزة التلفزيون المفاتيح الشرائحية (« البرجية ») ذات التماسات (الملامسات) الدارية التى يمكن بتدويرها تبديل دوائر الرنين او بعض مكونات دوائر الرنين . وترتب على شرائح المفتاح المستخدم لاختيار القنوات دوائر رنين مكبر ترددات اللاسلكى والمذبذب المحلى لكل من القنوات الاثنى عشر (الشكل ١٣ — ٨) . وعند ادارة المفتاح توصل بدائرة المكبر والمذبذب الملفات المولفة مسبقا .

وتصمم مراحل الترددات العالية (مكبر ترددات اللاسلكى والمازج والمذبذب المحلى) على شكل وحدة تسمى المولف او منتخب القنوات .

٥) التحكم الاوتوماتى فى تردد المذبذب المحلى . ان احد عيوب اجهزة التلفزيون التى تعمل بطريقة التضارب بين الموجتين الحاملتين ينحصر ، كما

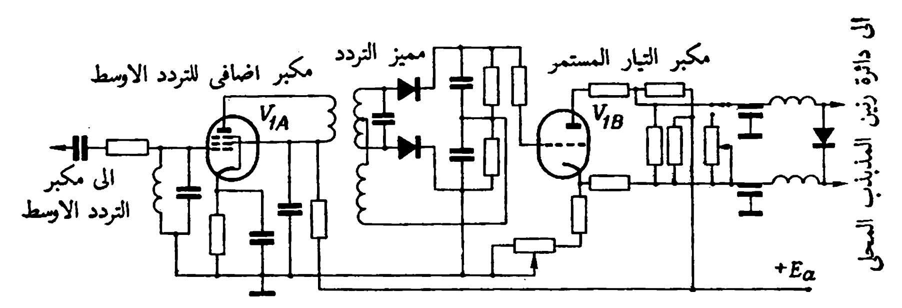


الشكل ١٣ — ٨ . صورة لمؤلف (منتخب قنوات) وهو مفكوك

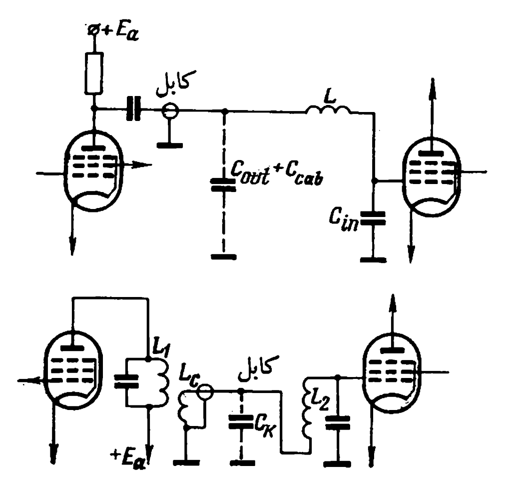
سبق ان اشرنا ، فى صعوبة التوليف الدقيق لتلك الاجهزة ، وما ينجم عنها من صعوبة فى الحصول على البيان الاقصى لتفاصيل الصورة . ويمكن التغلب على هذه الصعوبة تغلبا جذريا للغاية بطريقة التحكم الاوتوماتى فى تردد المذبذب المحلى . ومن الضرورى استخدام هذه الطريقة ايضا من اجل التحكم فى جهاز التلفزيون عن بعد .

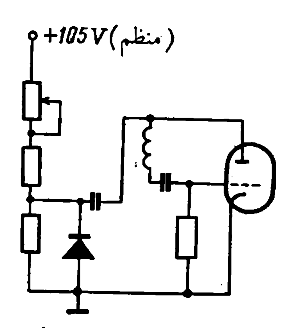
ويتم التحكم الاوتوماتى فى التردد بالتأثير على احدى مفاعلات دائرة رنين المذبذب بالاشارة المسماة اشارة الخطأ . وتنتج هذه الاشارة فى خرج كاشف الطور الذى يسلط عليه التردد الاوسط للصورة ، عندما ينحرف هذا التردد عن القيمة الاسمية . ويمكن بضبط دائرة التحكم الاوتوماتى فى التردد ضبطا سليما المحافظة على القيمة الاسمية لتردد المذبذب .

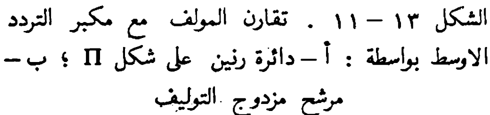
ويبين الشكل ١٣ – ٩ احدى الدوائر التى يمكن استخدامها للتحكم الاوتوماتى فى تردد المذبذب المحلى . وتسلط اشارة خرج مكبر التردد الاوسط على كاشف الطور بعد تكبيرها بمكبر اضافى . وتوصل اشارة الخطأ الخارجة من كاشف الطور الى شبكة مكبر تيار مستمر . ويستخدم خرج هذا المكبر للتأثير على الثنائى البلورى الذى يتحكم فى تردد المذبذب ويمكن ان يتم التحكم فى التردد بالاستفادة من تبعية سعة الثنائى للفلطية المسلطة عليه ، عندما يكون فى حالة الانحياز العكسى . ومن اجل ذلك يوصل الثنائى الى دائرة المذبذب المحلى كما فى الشكل ١٣ – ١٠ . وعند تغير فلطية انحياز الثنائى ، تتغير سعته ، ومن ثم يتغير تردد المذبذب . ويمكن ان نستخدم هنا « ثنائيات الوصلة » التى تتميز بسعات كبيرة ، كما تتميز بحدود واسعة لتغير السعات . وتستخدم



الشكل ١٣ – ٩ . دائرة للتحكم الاوتوماتى فى تردد المذبذب المحلى







الشكل ١٣ — ١٠ . دائرة رنين مذبذب محلى يتغير تردده بواسطة ثنائى ذى انحياز عكسى

الشكل ١٣ — ١١ . تقارن المولف مع مكبر التردد الاوسط بواسطة : أ — دائرة رنين على شكل Π ؛ ب — مرشح مزدوج التوليف

لذلك الغرض عادة ثنائيات خاصة تسمى ثنائيات « الفاراكتور » او الثنائيات ذات المفاعلة (السعة) المتغيرة .

٦) تقارن المولف ومكبر التردد الاوسط . كما سبق ان ذكرنا ، يصمم المولف على شكل وحدة مستقلة . ويتم توصيل هذه الوحدة مع الشاسيه الاساسية لجهاز التلفزيون بضفيرة من عدة موصلات . ويستخدم احد هذه الموصلات (المخصص للترددات المرتفعة) لنقل اشارة التردد الاوسط من المولف الى مكبر التردد الاوسط ، بينما تستخدم الموصلات الاخرى لنقل فلطيات التغذية .

ولا يمكن عمليا جعل طول ضفيرة التوصيل اقل من ٢٥ سم . وفى هذه الحالة تبلغ سعة كابل الترددات المرتفعة عشرات البيكوفاراد . وينجم عن توصيل مثل هذه السعة الى دائرة رنين المازج ان تقل معاوقتها الرنينية بحدة ، ومن ثم ينخفض كسب المازج .

ويتم اضعاف تأثير سعة الكابل على دوائر التردد الاوسط (اى على حمل المولف) بطريقتين اساسيتين :

أ — تستخدم كحمل للمازج دائرة رنين على شكل Π (الشكل ١٣—١١—أ) ، مكونة من المحاثة L والسعتين $C_{out}+C_{cab}$ و C_{in} الموصلتين معها

على التوالى (حيث C_{out} هى سعة خرج صمام المازج و C_{cab} هى سعة الكابل ، بينما C_{in} هى سعة دخل صمام مكبر التردد الاوسط) . وطالما ان $C_{in} < C_{out} + C_{cab}$ ، فان السعة الكلية لدائرة الرنين اقل من C_{in} . وفى هذه الحالة تصبح المعاوقة الرنينة عالية القيمة ، ويقل تأثر توليف الدائرة بتغير سعة الكابل الى درجة غير ملحوظة .

ب - يستخدم مرشح نطاقى مزدوج التوليف مكون من دائرة رنين توضع فى وحدة المولف بقرب الصمام المازج ، ودائرة رنين اخرى توضع عند دخل مكبر التردد الاوسط (وكثيرا ما تركب داخل القابس الذى يوصل بين المولف والشاسيه) . ويتم التقارن بين هاتين الدائرتين (الشكل ١٣ - ١١ - ب) بواسطة ملف قارن صغير L_c يلف فوق الملف L_1 ويوصل الى الملف L_2 عن طريق الكابل . وفى هذه الحالة تكون سعة الكابل موصلة على التوازى مع ملف التقارن فقط ، فلا تخفض المعاوقة الرنينية بأية نسبة ذات أهمية .

وتكون نسبة خرج دائرة التقارن الى دخلها عند استخدام الطريقة الاولى اكبر مرة ونصف تقريبا ، مما هى فى حالة استخدام الطريقة الثانية . ولكن الطريقة الاولى تستلزم اعادة توليف دوائر الرنين ، كلما استبدل منتخب القنوات .

٧) الاستقبال التلفزيونى لدى الترددات بعد العالية (UHF) : كما سبق ان ذكرنا فى الفصل الحادى عشر ، ادى التطور المستمر للتلفزيون الى استخدام قنوات جديدة اعلى من ٤٧٠ ميجاهرتز الى جانب قنوات الترددات العالية جدا .

وتترك خصائص الترددات بعد العالية اثرها الخاص على تركيب مراحل ترددات اللاسلكى بجهاز التلفزيون . ففى هذا المدى تزداد المفقودات الطفيلية فى مكونات الدائرة ازديادا حادا ، مما يستلزم استبدال دوائر الرنين العادية بالدوائر ذات الثوابت الموزعة (قطاعات خطوط النقل التى طولها $\frac{\lambda}{2}$ او $\frac{\lambda}{4}$ وما الى ذلك) .

وتستخدم لدى الترددات بعد العالية صمامات خاصة ذات الكترودات قرصية . وتنتج للعمل فى هذا المدى ايضا ترانزستورات ذات تردد اقصى

مرتفع لدرجة كافية . وتوصل الترانزستورات عند تكبير الترددات بعد العالية عادة بطريقة القاعدة المشتركة .

ويؤدى ارتفاع التردد الى انخفاض الكسب الذى يعطيه كل من الصمام والترانزستور ، كما يؤدى الى زيادة رقم الضوضاء . ولكن المولف الذى يعمل بالترانزستورات يعطى لدى نفس الترددات رقم ضوضاء يقل بحوالى ٤ — ٥ ديسيبل مما يعطيه المولف الصمامى ، كما ان كسب القدرة فى المولف الترانزستورى يمكن ان يكون اعلى بحوالى ٥ — ١٠ ديسيبل مما فى المولف الصمامى .

وهذا هو احد الاسباب التى ادت الى الشيوع السريع لمولفات الترددات بعد العالية الترانزستورية واستخدامها حتى فى اجهزة التلفزيون الصمامية .

ويمكن استقبال الترددات بعد العالية بطريقتين :

أ — استخدام مولف خاص مكون ، كمولف الترددات العالية جدا ، من مكبر لترددات اللاسلكى ومازج ومذبذب محلى .

ويمكن ان نحصل بهذه الطريقة على جودة استقبال عالية .

ب — استخدام وحدة خاصة لتحويل الذبذبات المستقبلة الى ذبذبات ذات تردد اقل يناظر احدى قنوات الموجات المترية (الترددات العالية جدا) . ويتم استقبال الذبذبات المحولة بواسطة جهاز تلفزيون عادى .

وينبغى ان تكون الموجة الحاملة للصورة بعد خروجها من وحدة التحويل اعلى من الموجة الحاملة للصوت حتى يمكن استقبالهما بجهاز تلفزيون عادى . ولذلك يجب ان يكون تردد المذبذب المحلى لوحدة التحويل اقل من الترددات المطلوب استقبالها .

ومن عيوب استخدام وحدة التحويل التداخلات التى تنشأ نتيجة لتغيير التردد مرتين ، وعدم الاستقرار الناجم عن انسياق ترددى مذبذبى وحدة التحويل وجهاز التلفزيون .

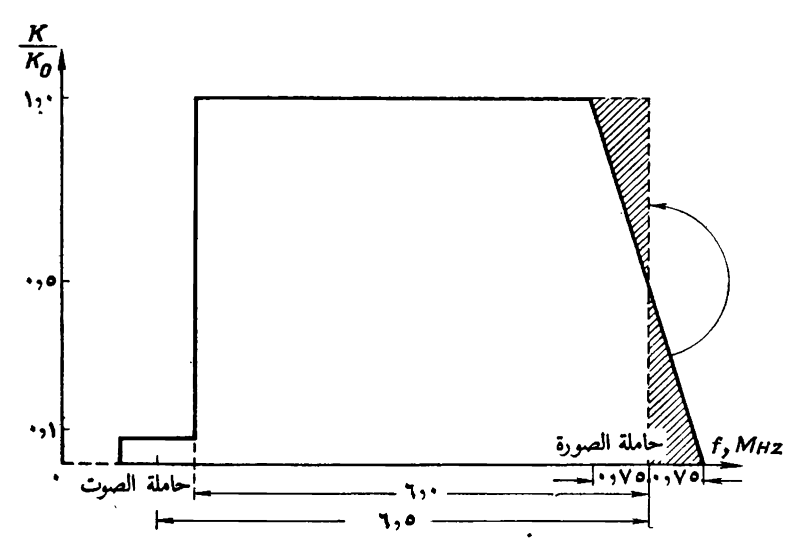
البند ١٣ ـ ٣ قناة الصورة

١) مكبر التردد الاوسط : ان التكبير الاساسى فى اجهزة السوبرهترودين يتم لدى التردد الاوسط . ولذلك ، فان خواص مكبر التردد الاوسط هى التى تحدد حساسية جهاز الاستقبال ، ومن ثم تحدد جودة الاستقبال . ويتميز مكبر التردد الاوسط للصورة (مكبر الترددين الاوسطين للصورة والصوت فى اجهزة « التضارب بين الموجتين الحاملتين ») بنطاق ترددى عريض يبلغ ٦ ميجاهرتز تقريبا . ومن اجل تسهيل تكبير هذا النطاق العريض واضعاف تداخلات تردد « صورة الاشارة » وتحسين ظروف عمل كاشف الصورة يفضل ان يكون التردد الاوسط اكبر ما يمكن .

وقد صممت اغلب اجهزة التلفزيون السوفييتية الموجودة على تردد اوسط للصورة يساوى ٣٤,٢٥ ميجاهرتز . ورفعت قيمة هذا التردد فى النظام القياسى السوفييتى الجديد الى ٣٨ ميجاهرتز . وطالما ان تردد المذبذب المحلى اعلى من القناة المستقبلة ، فان التردد الاوسط للصوت اقل من التردد الاوسط للصورة بـ ٦,٥ ميجاهرتز ، اى يساوى ٢٧,٧٥ او ٣١,٥ ميجاهرتز على التوالى .

ومن اجل الحصول على بيان عال للصورة التلفزيونية ، ولضمان الانتقائية الجيدة (للتخلص من تداخلات المحطات الاخرى) ، ينبغى ان تكون الاستجابة الترددية لمكبر التردد الاوسط كما مبين بالشكل ١٣ ـ ١٢ ، اى يجب ان تكون مستوية فى نطاق التمرير باستثناء المنطقة المجاورة للتردد الاوسط للموجة الحاملة للصورة فى حدود ± ٠,٧٥ ميجاهرتز ، حيث يجب ان تكون الاستجابة مائلة وتماثلية . ويقصد بهذا انه ينبغى كبت الموجة الحاملة للصورة بنسبة ٥٠٪ ، كما ينبغى ان يكون مجموع قيمتى الاستجابة لكل مركبتين متساويتى البعد عن حاملة الصورة فى تلك المنطقة مساويا لقيمة الاستجابة للمركبات غير المكبوتة ، وبذلك تزال التشوهات التى تنتج عن كشف الاشارات المرسلة بطريقة الكبت الجزئى للنطاق الجانبى .

ومن اجل الاستقبال الطبيعى للصوت المصاحب فى الاجهزة التى تعمل بطريقة « التضارب بين الحاملتين » ينبغى ان تكون استجابة مكبر التردد الاوسط

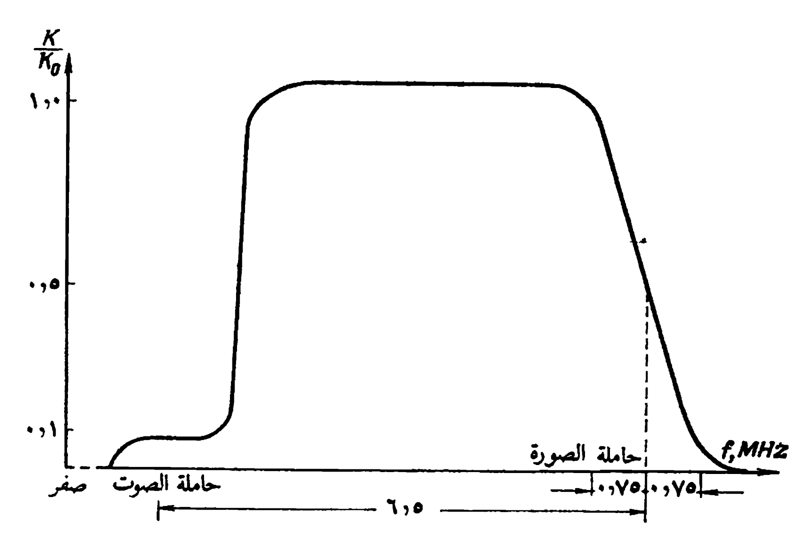


الشكل ١٣ – ١٢. الاستجابة المثالية لمكبر التردد الاوسط فى جهاز الاستقبال التلفزيونى المصمم بطريقة « التضارب بين الحاملتين »

ذات رواق مستوى فى منطقة الموجة الحاملة للصوت المصاحب ويجب ان يكون مستواها هنا مساويا ٠,١ – ٠,٠٥ من مستواها فى نطاق التمرير . ووجود مثل ذلك « الرواق الصوتى » ضرورى لتجنب تعديل اشارة الصوت المصاحب من حيث الاتساع و لاستبعاد تداخل الصوت مع الصورة .

ولكن الحصول على الاستجابة المثالية المبينة بالشكل ١٣ – ١٢ ليس فقط غير ممكن عمليا ، بل هو غير مفضل ايضا ، لأن مثل هذه الاستجابة تعطى جودة غير مرضية للصورة ، طالما ان استجابة الطور تكون مشوهة جدا عند الانكسارات والانحدارات الحادة فى الاستجابة الترددية ، مما يؤدى الى تشويهات شديدة للشكل الموجى للاشارة . اما الاستجابة الترددية التى يمكن تحقيقها عمليا عند انتاج اجهزة التلفزيون بالجملة والتى تعطى استجابة طور مرضية ، فهى كالاستجابة المبينة بالشكل ١٣ – ١٣ . وهذه الاستجابة هى التى ينبغى ان نسعى للحصول عليها عند توليف مكبر التردد الاوسط فى جهاز التلفزيون .

٢) تشكيل الاستجابة الترددية لمكبر التردد الاوسط : يتم الحصول على الشكل المرغوب فيه للاستجابة الترددية لمكبر التردد الاوسط باستخدام دوائر

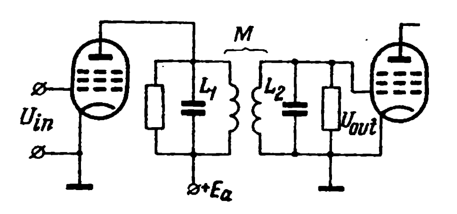


الشكل ١٣ — ١٣ . الاستجابة النموذجية لمكبر التردد الاوسط فى جهاز التلفزيون المصمم بطريقة « التضارب بين الحاملتين »

الرنين البسيطة والمحولات المؤلفة والمرشحات المؤلفة على شكل T ، M ، Π وما الى ذلك .

ويمكن توسيع نطاق الترددات التى تمررها دوائر الرنين على حساب الاساءة الى جودتها بتوصيل مقاومات صغيرة معها على التوازى . ولكن الاساءة الى الجودة لا تكفى للحصول على الشكل المرضى لاستجابة مكبر التردد الاوسط عندما تستخدم فيه فقط دوائر الرنين البسيطة المولفة على تردد مركزى واحد ، كما ان المكبر فى هذه الحالة لا يضمن الانتقائية اللازمة . ويمكن الحصول على نتائج افضل بتوليف دوائر الرنين على ترددات مختلفة ضمن نطاق التمرير .

وتستخدم المحولات المزدوجة التوليف (الشكل ١٣ — ١٤) فى مكبر التردد الاوسط بالائتلاف مع دوائر الرنين البسيطة المفردة التوليف . وتختار المحولات بتقارن اوثق من التقارن الحرج ، مما ينجم عنه ان تكون استجابتها الترددية ذات قمتين . ويتم تعويض انخفاض استجابة المحول المزدوج التوليف عند منتصف نطاق التمرير باستخدام دائرة رنين بسيطة فى احدى مراحل التكبير اللاحقة وتوليف هذه الدائرة على منتصف نطاق التمرير .



الشكل ١٣ – ١٤ . دائرة محول مولف

ويمكن ان نحصل على محول ذى تقارن وثيق واستجابة « لاتماثلية » بلف سلك ثنائى على شكل واحد . وبذلك تكون محاثتا الملفين الابتدائى L_1 والثانوى L_2 متساويتين . وطالما ان سعة دائرة الشبكة اكبر بمرتين او ثلاث من سعة دائرة الانود ، فان تردد رنين دائرة الشبكة يكون اقل بمرة ونصف تقريبا من تردد رنين دائرة الانود . ويتشكل نطاق تمرير مكبر التردد الاوسط باستخدام رنين دائرة الشبكة . اما رنين دائرة الانود ، فهو يحدث عند تردد اعلى بحوالى ١٥ – ٢٠ ميجاهرتز ، فلا يؤثر على توليف المكبر .

ومن مزايا تقارن مراحل التكبير بالمحولات المولفة :

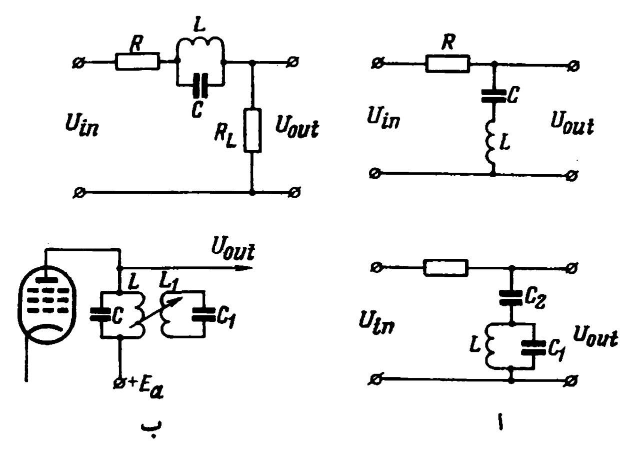
أ – عدم الحاجة الى مكثف تقارن (منع) بين انود الصمام السابق وشبكة الصمام اللاحق .

ب – الفصل بين سعتى دائرتى الانود والشبكة ، مما يقلل من السعة المكافئة لدائرة الرنين ، ومن ثم يزيد من كسب مرحلة التكبير .

٣) دوائر النبذ (المصايد) : ينبغى الا يمرر المكبر اية اشارات غير مرغوب فيها يقع ترددها خارج نطاق التمرير . ويعتبر ان اكثر الاشارات الدخيلة على استقبال الصورة احتمالية هى الاشارات المرسلة على القنوات الاقرب ترددیا . وتصدر هذه الاشارات بحد ذاتها عن جهاز ارسال الصوت الذى يعمل على القناة المجاورة السفلية (ويقل تردد هذا الجهاز ب ١,٥ ميجاهرتز فقط عن تردد الموجة الحاملة للصورة المستقبلة ، ولكنه يكون موجودا عادة فى منطقة بعيدة) ، وجهاز ارسال الصوت المصاحب (ويختلف تردده عن تردد الموجة الحاملة للصورة ب ٦,٥ ميجاهرتز ، ولكنه يكون موجودا فى نفس مكان جهاز ارسال الصورة) ، وجهاز ارسال الصورة الذى يعمل على القناة المجاورة العلوية (وهو منزاح ترددیا بقدر ٨ ميجاهرتز ، ولكنه يخدم منطقة بعيدة) .

ويتم تفادى مرور اشارات هذه المحطات من خلال قناة الصورة باستخدام دوائر نابذة خاصة تسمى المصايد .

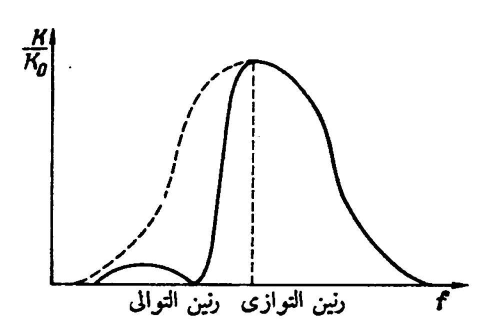
ويبين الشكل ١٣ ــ ١٥ الطرازات الاساسية للمصايد . وطالما ان معاوقة دائرة رنين التوالى عند تردد الرنين تساوى الصفر ، فان خرج المصيدة المبينة بالشكل ١٣ ــ ١٥ ــ أ يساوى تقريبا الصفر عند تردد رنين الدائرة LC ، اى ان الاشارات التى لها مثل هذا التردد تضعف بشدة .



الكل ١٣ ــ ١٥. الطرازات الاساسية للمصايد (دوائر النبذ)

وبما ان معاوقة دائرة رنين التوازى عند تردد الرنين كبيرة جدا (وتساوى نظريا اللانهاية اذا لم يوجد أى فقد فى الدائرة) ، فان دائرة التوازى LC الموصلة على التوالى فى المصيدة المبينة بالشكل ١٣ ــ ١٥ ــ ب توهن بشدة الذبذبات القريبة من تردد الرنين .

وتقوم الدائرة المبينة بالشكل ١٣ ــ ١٥ ــ ج بعمل دائرتى رنين . فبينما تشارك دائرة التوازى LC فى تشكيل استجابة مكبر التردد الأوسط داخل نطاق التمرير ، نجد انها انها تمثل عند اقل من تردد الرنين مفاعلة حثية تشكل مع المكثف C_2 دائرة التوالى المستخدمة للنبذ . وطالما ان تردد رنين التوالى اقل من تردد رنين التوازى ، فان رنين التوالى يمكن ان يستخدم فقط لتشكيل الحافة اليسرى لاستجابة مكبر التردد الاوسط . ويمكن باختيار امثل نسبة بين السعتين C_1 و C_2 ان نحصل على حافة حادة جدا (الشكل ١٣ ــ ١٦) .



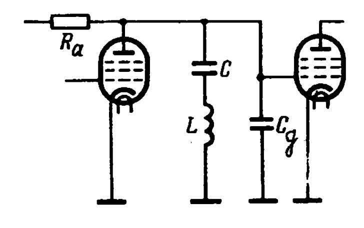
الشكل ١٣ — ١٦ . الاستجابة الترددية للدائرة المبينة بالشكل ١٣ — ١٥ — ج

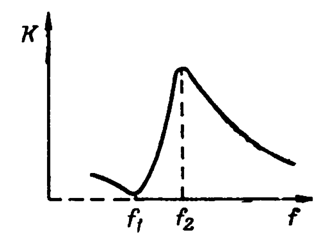
وتستخدم للنبذ ايضا دائرة رنين التوازى L_1C_1 المقرنة حثيا مع دائرة الرنين الاساسية كما فى الشكل ١٣ — ١٥ — د . وتأخذ دائرة التوازى L_1C_1 لدى تردد الرنين اقصى طاقة من الدائرة الاساسية ، ومن ثم تخفض كسب مرحلة التكبير عند هذا التردد .

ولا تكفى لتشكيل رواق استجابة مكبر التردد الاوسط فى منطقة الموجة الحاملة للصوت مصيدة واحدة فقط ، بل تلزم لذلك مصيدتان تولف احداهما على تردد يزيد عن التردد الاوسط للصوت بقدر ٢٥٠ كيلوهرتز ، وتولف الاخرى على تردد يقل عنه بقدر ٢٥٠ كيلوهرتز .

٤) المرشح المؤلف على شكل T : حلت محل دوائر الرنين البسيطة والمحولات المولفة فى اغلب مكبرات التردد الاوسط المصممة فى الآونة الاخيرة مرشحات تسمى المرشحات المؤلفة . وسوف نشرح فيما يلى عمل احد هذه المرشحات المسمى المرشح T :

ان الدائرة المبينة بالشكل ١٣ — ١٧ ذات رنينين ، احدهما هو رنين دائرة التوالى LC وتردده $f_1 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ، والآخر هو رنين دائرة التوازى LCC_g





الشكل ١٣ — ١٧. دائرة مرحلة تكبير ذات رنينين (ولم تبين هنا دوائر التغذية والمنع) واستجابتها الترددية

وتردده هو $f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\frac{CC_g}{C+C_g}}}$. ونحصل عند رنين التوالى على ادنى كسب، بينما يناظر رنين التوازى اقصى كسب ؛

وطالما ان السعة C اكبر دائما من $C\frac{C_g}{C+C_g}$ ، فان التردد f_1 اقل دائما من التردد f_2 ، ومن ثم تكون استجابة مرحلة التكبير كالمبينة فى الشكل ١٣ — ١٧ على اليمين .

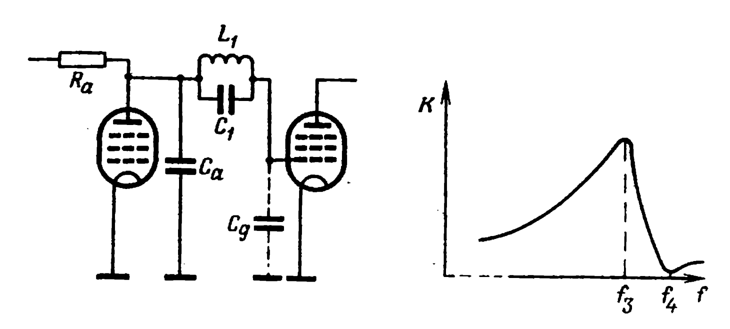
وكذلك تتميز الدائرة المبينة بالشكل ١٣ — ١٨ برنينين ، احدهما هو رنين دائرة التوازى L_1C_1 وتردده $f_4 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$ ، والآخر هو رنين دائرة التوازى المعقدة $L_1C_1C_aC_g$ وتردده :

$$f_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1\left(C_1+\frac{C_aC_g}{C_a+C_g}\right)}}$$

ويعطى رنين الدائرة L_1C_1 ادنى كسب ، بينما يناظر رنين الدائرة $L_1C_1C_aC_g$ اقصى كسب .

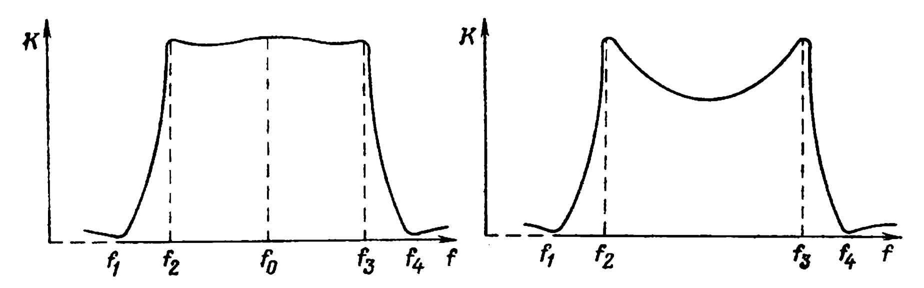
وطالماان السعة C_1 اقل دائما من $C_1+\frac{C_aC_g}{C_a+C_g}$، فان التردد f_4 اعلى دائما من f_3 ، ولذا تكون استجابة مرحلة التكبير كالمبينة بالشكل ١٣ — ١٨ على اليمين .

وعند توصيل المرحلتين اللتين تعرضنا لهما ، على التعاقب ، تكون الاستجابة الكلية كما فى الشكل ١٣ — ١٩ .



الشكل ١٣ — ١٨ . دائرة أخرى لمرحلة تكبير ذات رنينين واستجابتها الترددية

ويمكن التخلص من المنخفض الموجود فى وسط هذه الاستجابة بواسطة مرحلة تكبير اخرى ذات دائرة رنين بسيطة مولفة على تردد يقع بين f_2 و f_3 . وعند استخدام مثل هذه المرحلة تصبح استجابة المكبر كالمبينة بالشكل ١٣ — ٢٠ .

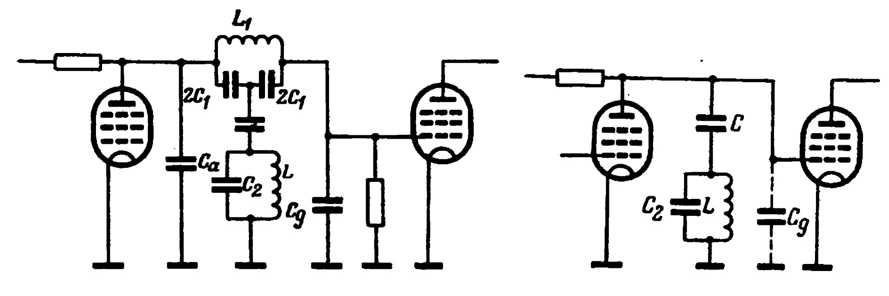


الشكل ١٣ — ١٩ . الاستجابة الترددية الاجمالية للمرحلتين المبينتين بالشكلين ١٣ — ١٧ و ١٣ — ١٨

الشكل ١٣ — ٢٠. الاستجابة الترددية للمرحلتين المبينتين بالشكلين ١٣ — ١٧ و١٣ — ١٨ مع مرحلة ذات دائرة رنين مفردة التوليف

ويختار التردد f_1 مساويا للتردد الاوسط للصوت (مثلا ٣١,٥ ميجاهرتز) ، بينما يوضع الترددان f_3 و f_4 على جانبى التردد الاوسط للصورة (٣٨ ميجاهرتز) ، ويضبط التردد f_2 تبعا لعرض نطاق التمرير مرغوباً فيه .

ومن الانسب عمليا استبدال الملف L فى الدائرة المبينة بالشكل ١٣ — ١٧ بدائرة تواز LC_2 كما مبين بالشكل ١٣ — ٢١ ، وضم دوائر الرنين المبينة بالشكلين ١٣ — ١٨ و١٣ — ٢١ فى مرحلة واحدة ، بحيث يتكون منها مرشح على شكل T (الشكل ١٣ — ٢٢) .



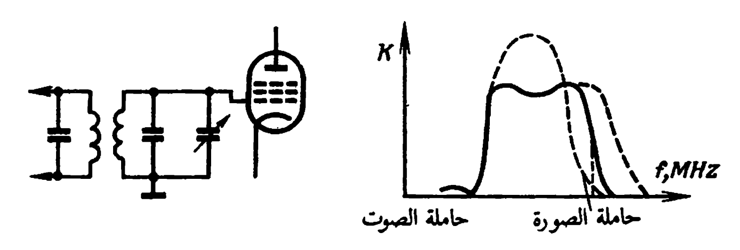
الشكل ١٣ — ٢١ . دائرة معدلة للمرحلة المبينة بالشكل ١٣ — ١٧

الشكل ١٣ — ٢٢ . دائرة المرشح T

ويتميز هذا المرشح ببساطة توليفه الناجمة عن قلة عدد دوائر الرنين وانعدام تأثير بعضها على بعض .

ومن عيوبه الكسب القليل عند التردد المتوسط وحدة حافتى الاستجابة الترددية التى تسبب تشوهات طورية .

٥) مصححات بيان التفاصيل : سبق ان ذكرنا ان الموجة الحاملة للصورة ينبغى ان تقع فى حالة استقبال الاشارات التلفزيونية ذات النطاق الجانبى المكبوت جزئيا على منتصف حافة الاستجابة الترددية لمكبر التردد الاوسط . ولكن خطية استجابة الطور تختل بالذات عند حافة الاستجابة الترددية . وتنجم عن ذلك تشوهات طورية تظهر للمشاهد كفقد فى بيان تفاصيل الصورة او استبانتها .



الشكل ١٣ – ٢٣. تصحيح البيان (الاستبانة) بمكثف متغير

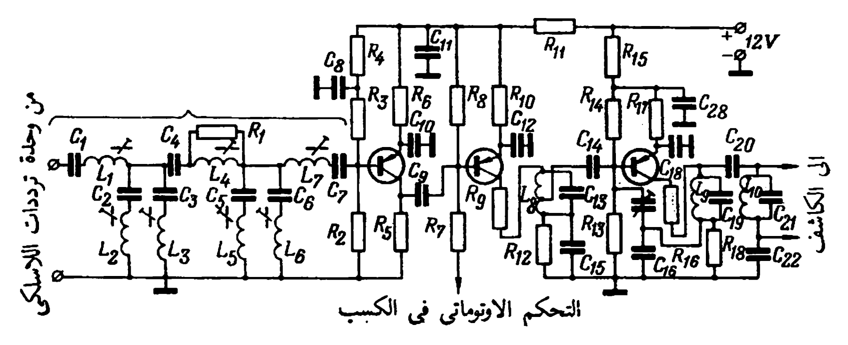
ولذلك يفضل ان يتضمن جهاز التلفزيون ضابطا يسمح بازاحة حافة الاستجابة الترددية لمكبر التردد الاوسط بالنسبة الى تردد الموجة الحاملة للصورة ، بحيث يمكن الحصول على امثل استجابتين للاتساع والطور واحسن بيان لتفاصيل الصورة .

ويمكن ان يتم ذلك مثلا بواسطة مكثف متغير يوصل بدائرة الرنين التى تشكل حافة الاستجابة الترددية فى منطقة الموجة الحاملة للصورة (الشكل ١٣ –٢٣) .

٦) مكبر التردد الاوسط الترانزستورى : ان استخدام الترانزستورات فى مكبر التردد الاوسط يقترن بصعوبات اقل مما فى مكبر ترددات اللاسلكى . ويفسر هذا بانخفاض التردد وثباته (عدم تغيره من قناة الى قناة) .

ولكن بعض الصعوبات تبرز هنا ايضا نتيجة لصغر معاوقتى دخل وخرج الترانزستور (فهما اقل بعشر مرات من معاوقتى الصمام) . وينجم عن ذلك ان تنخفض كثيرا جودة دوائر الرنين المستخدمة فى المكبر الترانزستورى ، ومن ثم تسوء الانتقائية .

ويمكن التوفيق بين المعاوقات الصغيرة للترانزستورات والمعاوقات الرنينية لدوائر الرنين بتوصيل هذه الدوائر بالترانزستورات جزئيا بواسطة محاثة مجزأة (مثلا L_8 فى الشكل ١٣ — ٢٤) او سعة مجزأة او محول .



الشكل ١٣ — ٢٤ . دائرة مكبر التردد الاوسط فى جهاز تلفزيون من طراز « يونست »

وتستخدم فى مكبرات التردد الاوسط الترانزستورية عادة دوائر رنين بسيطة مولفة تخالفيا او محولات مزدوجة التوليف (مثلا L_9C_{19} و $L_{10}C_{21}$) . ويتم الحصول على الانتقائية اللازمة بواسطة مرشحات خاصة ذات « انتقائية مركزة » ، كالمرشح المستخدم فى دخل دائرة مكبر التردد الاوسط المبينة بالشكل ١٣ — ٢٤. ويشتمل هذا المرشح على دوائر رنين (L_1C_1 و L_4C_4 و L_7C_7) لتشكيل الاستجابة الترددية فى نطاق التمرير ومصايد (L_2C_2 و L_3C_3 و L_5C_5 و L_6C_6) لنبذ الاشارات الدخيلة التى تحدثها القنوات المجاورة وجهاز ارسال الصوت المصاحب .

ومما يجب مراعاته ان التغذية الخلفية المتأصلة فى اغلب الترانزستورات الموجودة يمكن ان تؤدى الى عدم استقرار عمل مكبر التردد الاوسط ، كما يمكن ان تتسبب فى تشويه المنحنيات الرنينية والتأثير المتبادل بين مراحل مكبر التردد الاوسط عند توليفها .

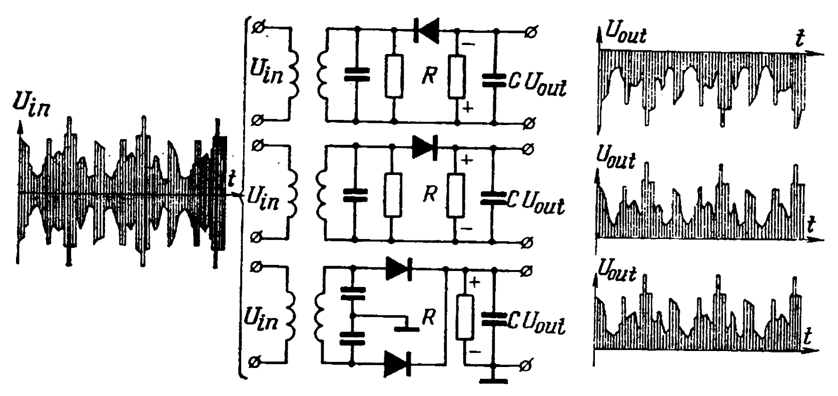
ومن الانسب للتخلص من هذه الظواهر استخدام الترانزستورات التى تكون فيها التغذية الخلفية الداخلية صغيرة جدا . وفى حالة عدم وجود مثل هذه الترانزستورات ينبغى اللجوء الى عملية معادلة تأثير التغذية الخلفية الداخلية . وعلى سبيل المثال ، تتم عملية المعادلة فى المرحلة الثالثة للمكبر المستخدم فى جهاز « يونست » (الشكل ١٣ — ٢٤) بأخذ فلطية الخرج من C_{16} و R_{18} وتسليطها على قاعدة الترانزستور عن طريق مكثف الضبط C_{17} .

ويمكن تحسين استقرار مرحلة التكبير المولفة التى تعمل بطريقة الباعث المشترك ، بدون اللجوء الى استخدام دوائر التعادل ، اذا استخدمت قبل هذه المرحلة مرحلة تكبير غير مولفة مقرنة مباشرة او بمقاومة ومكثف ، كما هو الحال فى المرحلتين الاولى والثانية لمكبر التردد الاوسط فى جهاز « يونست » (الشكل ١٣ — ٢٤) .

ومما ينبغى وضعه فى الاعتبار ان الحصول على اقصى كسب يستلزم ان تكون سعة دوائر الرنين اقل ما يمكن . ولكن سعة دائرة الرنين المستخدمة فى أية مرحلة تكبير تشتمل على سعة التوصيلات وسعة خرج مرحلة التكبير السابقة وسعة دخل مرحلة التكبير اللاحقة (مع مراعاة نسبة التحويل او التقارن ، طبعا) . وطالما ان سعتى دخل وخرج الترانزستور عديمتا الاستقرار (تتغيران كثيرا عند تغير فلطية التغذية خاصة) ، فان من الضرورى لضمان استقرار كسب المكبر وشكل استجابته اختيار سعة مكثف دائرة الرنين اكبر ما يمكن (لكى تقل الاهمية النسبية لسعات دخل وخرج الترانزستورات فى دوائر الرنين) .

وتختار سعات دوائر الرنين عمليا انطلاقا من حل وسط يسمح بالحصول على كسب كاف وعمل مستقر .

٧) الكاشف : يتم كشف اشارة الصورة عادة بواسطة الكواشف الثنائية (وتستخدم حاليا فى اغلب الحالات ثنائيات الجرمانيوم ذات التلامس النقطى) وتمتاز هذه الكواشف ببساطة تركيبها واعتمادية عملها وقلة التشوهات التى تسببها .



الشكل ١٣ – ٢٥. الدوائر الاساسية لكواشف أجهزة التلفزيون والاشكال الموجية للاشارات المقومة

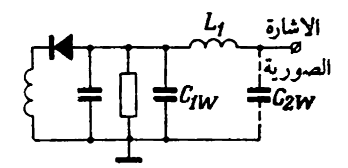
ويبين الشكل ١٣ ـ ٢٥ الدوائر الاساسية للكواشف . وكما نرى من الشكل ، يمكن ان تكون اشارة الخرج موجبة القطبية او سالبة القطبية حسب طريقة توصيل الثنائى . وتختار القطبية تبعا لعدد مراحل المكبر الصورى وطريقة تسليط الاشارة على انبوب الصورة .

ولكى يعمل الكاشف خطيا ، ينبغى ان تكون القيم الدنيا لاتساع الاشارة المناظرة للاماكن البيضاء فى الصورة كبيرة لدرجة كافية (حوالى ٠,٢٥ فولط) .

ومن اجل تقليل التشوهات الترددية لاشارة الصورة تختار مقاومة حمل الكاشف صغيرة نسبيا (وهى عادة ٢ ـ ٣ كيلواوم) . وينبغى ان تكون سعة المكثف C الموصل على التوازى مع الحمل اكبر من سعة الثنائى (عادة ١ ـ ٢ بيكوفاراد) . ولكن اختيار السعة C كبيرة جدا يؤدى الى فقد الترددات العليا الاشارة الصورية . ولذلك تكون قيمتها عادة حوالى ٥ ـ ١٠ بيكوفاراد .

ومما يتضمنه خرج الكاشف مركبات ذات ترددات مرتفعة غير مرغوب فيها (توافقيات للتردد الاوسط مثلا) ، تصل الى دخل جهاز الاستقبال عن طريق التقارنات الطفيلية ، ويمكن ان تؤدى فى الاجهزة ذات الحساسية العالية الى الاستثارة الذاتية (التوليد) . وحتى لو لم تحدث اية استثارة ذاتية ، نجد ان تلك التقارنات الطفيلية تتسبب فى تشويه الاستجابة الترددية .

ومن غير المسموح به التخلص من تلك المركبات ذات الترددات المرتفعة بزيادة سعة حمل الكاشف ، لئلا يحدث هبوط فى الاستجابة لأعلى ترددات الاشارة الصورية . ويمكن كبت تلك المركبات غير المرغوب فيها بدون اضعاف مركبات الترددات العليا للاشارة باستخدام مرشح لتمرير الترددات المنخفضة على شكل Π (الشكل ١٣ — ٢٦) .



الشكل ١٣ — ٢٦ . كاشف ذو مرشح لتمرير الترددات المنخفضة على شكل Π

ومما يستلزمه العمل السليم للكاشف فى اجهزة « التضارب بين الحاملتين » الا يزيد التوهين النسبى لحاملة الصوت الخارجة من مكبر التردد الاوسط عن ١٠ — ٢٠ مرة . ولكن مثل هذا التوهين غير كافى لمنع ظهور تداخلات الاشارات الصوتية على الصورة . ويتم التوهين الاضافى لاشارة التضارب بين الحاملتين بواسطة نفس دائرة الرنين التى تستخدم لفصلها عن الاشارة الصورية . ويحدث احيانا ان يكون هذا التوهين ايضا غير كافى . وفى هذه الحالة ينبغى استخدام مرشحات اخرى لكبت اشارة التضارب قبل تسليط الاشارة الصورية على انبوب الصورة .

ويمكن الحصول على فصل افضل بين اشارتى الصورة والصوت باستخدام كاشفين منفصلين ، تؤخذ من احدهما الاشارة الصورية ، ويؤخذ من الآخر التردد الاوسط للصوت . وفى هذه الحالة تستخدم كحمل لكاشف قناة الصوت دائرة رنين تزيد فعالية الكشف ، بينما توصل بدائرة الكاشف الصورى مصايد نابذة للتردد الاوسط للصوت وترددات القناتين التلفزيونيتين المجاورتين .

واذا تطلبت بعض الاسباب ان يختار التردد الاوسط للصورة منخفضا نسبيا ، فقد يكون من الصعب فصله عن الاشارة الصورية بعد الكاشف . وفى هذه الحالة يوضع فى خرج الكاشف مرشح تمرير ترددات منخفضة يسمح

بفصل فلطية الاشارة الصورية عن فلطية الموجة الحاملة على نحو افضل ، او يستخدم كاشف الموجة الكاملة الذى يضاعف تردد فلطية الموجة الحاملة .

٨) التحكم الاوتوماتى فى الكسب : ان حواكم الكسب الاوتوماتية تستخدم فى اجهزة التلفزيون ، كما فى اجهزة الراديو ، من اجل جعل مستوى اشارة الخرج المسلطة على انبوب الصورة ووحدة التزامن غير معتمد على التغيرات العشوائية فى شدة المجال والتغيرات الناجمة عن تبديل القناة . ومما تتميز به اجهزة التلفزيون ان التحكم الاوتوماتى فى الكسب لا يمكن ان يتم فيها باستخدام المركبة المستمرة لخرج الكاشف ، كما متبع فى اجهزة الراديو ، اذ ان هذه المركبة لا تتغير تبعا لشدة الاشارة المستقبلة فحسب ، بل تتغير ايضا مع متوسط نصوع الصورة المتلفزة . فعند ارسال المناظر النيرة تكون المركبة المستمرة لخرج الكاشف الصورى صغرى ، وعند ارسال المناظر القاتمة تكون عظمى . والمستوى الذى لا يعتمد على محتوى الصورة ليس هو المستوى الوسطى للاشارة المكشوفة ، وانما مستوى قيمها القصوى المناظرة لنبضات التزامن . وهذا المستوى هو الذى يستخدم للتحكم الاوتوماتى فى الكسب .

ويبين الشكل ١٣ ــ ٢٧ دائرة من ابسط الدوائر المستخدمة للحصول على جهد التحكم الاوتوماتى فى الكسب . ويؤخذ الجهد الحاكم هنا من كاشف اضافى D_2 يعمل ككاشف ذروة ، وهو يتميز عن الكاشف الاساسى D_1 بكبر الثابت الزمنى .

الشكل ١٣ ــ ٢٧ . دائرة للحصول على فلطية التحكم الاوتوماتى فى الكسب

ويختار الثابت الزمنى لدائرة حمل الكاشف D_3 كبيرا لدرجة ان المكثف C_3 الذى يتم شحنه بتأثير نبضات التزامن لا يلحق ان يفرغ جزءا ملحوظا من شحنته فى الفترات الفاصلة بين نبضات التزامن ، فتبقى فلطيته ثابتة تقريبا على مستوى ذرى الاشارة الصورية . وتسلط هذه الفلطية عن طريق مرشح ($R_3 C_3$) ذى ثابت زمنى كبير ايضا على الشبكات الحاكمة لصمامات تكبير ترددات اللاسلكى والتردد الاوسط من اجل التحكم فى كسبها .

وعند زيادة شدة الاشارة المستقبلة تزداد فلطية خرج كاشف الذروة (الفلطية على $R_3 C_3$) ، ومن ثم يزداد الانحياز السالب المسلط على شبكات صمامات التكبير ، وبذلك يقل كسب جهاز الاستقبال . وعند نقصان شدة الاشارة المستقبلة يحدث العكس .

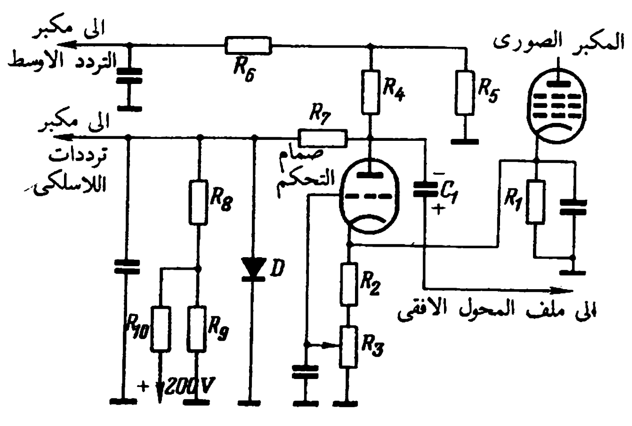
ومن المؤسف ان حاكم الكسب الاوتوماتى الذى تعرضنا له حساس جدا للضوضاء النبضية . فعند دخول النبضات الضوضائية الشديدة الى جهاز الاستقبال تنخفض حساسيته بحدة ، ومن ثم تسؤ الصورة كثيرا .

ويمكن اضعاف تأثير الضوضاء ، ومعادلة مفعول النبضات الافقية والرأسية ايضا ، باستخدام منظومة ذات ثابت زمنى كبير جدا . ولكن مثل هذه المنظومة لا تحس بالتغيرات القصيرة الامد التى تطرأ على شدة الاشارة المستقبلة والتى تحدث مثلا عند تحرك اجسام معدنية كبيرة (كالطائرات والرافعات البرجية وما الى ذلك) بقرب هوائى الاستقبال ولذلك ينبغى اختيار الثابت الزمنى لحمل كاشف الذروة متوسط القيمة .

ونظرا للعيوب المذكورة ، فان الحاكم الاوتوماتى للكسب ذا كاشف الذروة لم يعد يستخدم حاليا ، وقد حل محله حاكم الكسب الاوتوماتى المحجوز زمنيا . وثمة دوائر مختلفة كثيرة لحاكم الكسب الاوتوماتى المحجوز ، ولكنها تعمل جميعها بمبدأ واحد ، هو ان الجهد السالب الحاكم للكسب يؤخذ من كاشف للذروة من نوع خاص تختار حالة تشغيله ، بحيث يظل فى حالة القطع خلال معظم دورة المسح الافقى (اكثر من ٨٠٪ من الوقت) ، فتبقى فلطية خرجه غير معتمدة على محتوى الصورة وتأثير الضوضاء . ولا تتغير حالة الكاشف من القطع الى التوصيل الا عندما تؤثر عليه فى نفس الوقت

(فى حالة تزامن مولد المسح الافقى) نبضات التزامن التى تتضمنها الاشارة الصورية المؤلفة ونبضات الارتداد المأخوذة من ملف خاص من محول الخرج الافقى .

ويبين الشكل ١٣ ــ ٢٨ رسما مبسطا لاحدى الدوائر العملية لحاكم الكسب الاوتوماتى المحجوز . ويستخدم فى هذه الدائرة صمام ثلاثى يوصل



الشكل ١٣ ــ ٢٨. دائرة حاكم الكسب الاوتوماتى المحجوز

كاثوده مع كاثود المكبر الصورى ، وبهذا تسلط عليه الاشارة الصورية المؤلفة . وتوصل بين انود الصمام الثلاثى والارض مقاومتا الحمل R_4 و R_5 . وتسلط على الانود عن طريق المكثف C_1 نبضات موجبة تؤخذ من محول الخرج الافقى . وينقل جزء من فلطية الكاثود من المقاومة المتغيرة R_3 الى شبكة الصمام الثلاثى . وعلى هذا النحو ، عند غياب نبضات الارتداد الافقى يكون جهدا الشبكة والانود سالبين بالنسبة الى الكاثود ، فيجعلان الصمام فى حالة القطع .

واذا كان مولد المسح الافقى فى حالة التزامن ، فان نبضات الارتداد الافقى ونبضات التزامن المصاحبة للاشارة الصورية تؤثر على الصمام الثلاثى فى آن واحد ، فتدفعه الى حالة التوصيل ، ومن ثم يتم شحن المكثف C_1 كما مبين فى الشكل . وطالما ان النبضات المأخوذة من محول الخرج الافقى ثابتة المقدار ، فان شحنة المكثف تتغير تغيرا متناسبا مع اتساع الاشارة

الصورية المؤلفة . وتحدث هذه الشحنة على مقاومتى حمل الصمام R_4 و R_5 فلطية سالبة تسلط على شبكات صمامات التكبير للتحكم فى الكسب .

وفى حالة استقبال الاشارات الضعيفة تصل من حمل الصمام الثلاثى R_4 و R_5 الى أنود الثنائى D فلطية سالبة اقل من الفلطية الموجبة المأخوذة من مقسم الفلطية R_9 و R_{10} عن طريق المقاومة R_8 . وينجم عن ذلك ان يكون الثنائى D فى حالة التوصيل ، فتكون مقاومته صغيرة جدا . وفى هذه الحالة يسلط على صمامات تكبير ترددات اللاسلكى والتردد الاوسط انحياز صفرى يجعلها تعطى اقصى كسب .

وعندما تزداد الاشارة الداخلة الى جهاز التلفزيون ، ترتفع الفلطية الناتجة على حمل الصمام الثلاثى وتدفع الثنائى الى حالة القطع . وعندئذ يصل الى شبكات مكبرى ترددات اللاسلكى والتردد الاوسط انحياز سالب يتناسب مع شدة الاشارة المستقبلة .

ويتم ضبط مستوى التباين الابتدائى ، المحافظ عليه بالتحكم الاوتوماتى فى الكسب ، بواسطة المقاومة المتغيرة R_8 . وتستعمل هذه المقاومة احيانا كحاكم يدوى للتباين ، وتركب عندئذ على اللوحة الامامية للجهاز . ولكن التحكم اليدوى فى التباين يتم غالبا بتغيير كسب المكبر الصورى . وفى هذه الحالة تستخدم المقاومة المتغيرة R_8 كضابط ثانوى للتباين وتركب داخل الجهاز .

ويمكن باستخدام حاكم الكسب الاوتوماتى المحجوز ، المصمم والمضبوط جيدا ، ضمان عدم تغير فلطية خرج جهاز الاستقبال عمليا (اى ضمان عدم تغير التباين عمليا) لدى تغير اشارة الدخل ١٠٠٠ مرة .

وتنبغى الاشارة الى ان حاكم الكسب الاوتوماتى المحجوز لا يعمل جيدا الا بوجود التحكم الاوتوماتى فى تردد وطور المسح الافقى . فبدون المزامنة القصورية يمكن ان يحدث عدم تواقت عشوائى بين نبضات التزامن ونبضات الارتداد الافقى ، فيبقى صمام حاكم الكسب الاوتوماتى المحجوز فى حالة القطع ، ويتوقف عن اعطاء فلطية التحكم ، ومن ثم يعمل المكبر فى حالة التكبير الاعظم ، وقد يؤدى ذلك الى اقتضاب نبضات التزامن واختلال عمل فاصل التزامن ، وعندئذ يستحيل انتاج الصورة على الشاشة .

٩) المكبر الصوري : سبق ان تعرضنا لدوائر المكبرات الصورية وعملها في الفصل التاسع . ولذلك سنتوقف هنا فقط على بعض المسائل الخاصة بعمل المكبرات الصورية في اجهزة الاستقبال .

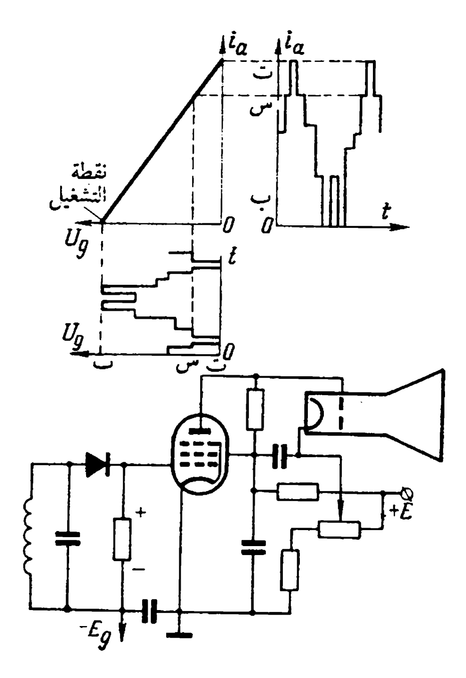
ان متطلبات الحصول على الاستجابة الترددية الجيدة لجهاز الاستقبال والعمل الفعال لمنظومة التحكم الاوتوماتي في الكسب تستلزم ان يكون مكبر التردد الاوسط ثلاثي او رباعي المراحل . وتبلغ فلطية خرج الكاشف عندئذ عدة فولطات . وطالما ان الفلطية اللازمة للحفز الكامل لأنبوب الصورة هي حوالى ٤٠ ــ ٨٠ فولط ، فان التكبير اللازم للاشارة الصورية يمكن ان يتم بمرحلة واحدة فقط . وعند الاكتفاء بمرحلة واحدة لتكبير الاشارة الصورية يكون من الاسهل ضمان النقل المباشر للمركبة المستمرة واستقرار عمل المكبر وتوليفه . ولذلك تستخدم في اغلب اجهزة التلفزيون العصرية مكبرات صورية احادية المرحلة .

ولكن طريقة تقارن المكبر الصورى الاحادى المرحلة مع انبوب الصورة تتحدد كلية بطريقة توصيل الثنائى الكاشف . فاذا كانت اشارة خرج الكاشف سالبة القطبية (الشكل ١٣ ــ ٢٥ ــ أ) ، فان اشارة خرج المكبر الصورى ينبغي ان تسلط على كاثود الانبوب (الشكل ١٣ ــ ٢٩) . واذا كانت اشارة خرج الكاشف موجبة القطبية (الشكل ١٣ ــ ٢٥ ــ ب) ، فان حفز الانبوب يجب ان يتم بتسليط الاشارة على الكترود التحكم (الشكل ١٣ ــ ٣٠).

وتتميز الدائرة المبينة بالشكل ١٣ ــ ٢٩ بأن صمام المكبر الصورى يعمل عند غياب الاشارة بانحياز صفرى يناظره تيار انود كبير الشدة . ويؤدى تسليط الاشارة الصورية السالبة الى نقصان تيار انود الصمام ، ولكن رؤوس نبضات التزامن ينبغي ان تبقى فى هذه الحالة فيما وراء نقطة القطع .

اما صمام المكبر الصورى المبين بالشكل ١٣ ــ ٣٠ ، فهو يعمل بانحياز سالب كبير لكى تقع الاشارة الصورية الموجبة فى منطقة تشغيل الصمام على المنحنى المميز $i_a - u_g$. وفى هذا الحالة تكون رؤوس نبضات التزامن مناظرة لتيارات الانود القصوى .

الشكل ١٣ – ٢٩ . دائرة لمكبر صورى يجرى التحكم فيه باشارة سالبة



الشكل ١٣ – ٣٠ . دائرة لمكبر صورى يجرى التحكم فيه باشارة موجبة : ب – مستوى الابيض ؛ س – مستوى الاسود ؛ ت – مستوى قمم نبضات التزامن

ومن مزايا الدائرة الاولى ان المكبر الصورى يقتضب الضوضاء التى تتعدى مستوى نبضات التزامن وانه يعطى القطبية اللازمة لفاصل التزامن . ولذلك تستخدم مثل هذه الدائرة فى جميع اجهزة التلفزيون العصرية تقريبا .

وطالما ان نقطة تشغيل المكبر الصورى المناظرة لمستوى الابيض على المنحنى المميز ثابتة اساسا ، فان مستوى الاسود يتغير تبعا لاتساع الاشارة الصورية ، ويمكن ان يقع على المنحنى المميز فى نقط مختلفة اشد الاختلاف ، ومن ثم يعطى على الشاشة نصوعا مختلفا .

ولكى تكون الصورة الناتجة على الشاشة جيدة التباين ، ينبغى ضبط فلطية انحياز انبوب الصورة ، بحيث يظل مستوى الاسود فى الاشارة مناظرا للتفاصيل السوداء فى الصورة . ويتم ذلك بواسطة الحاكم اليدوى او الاوتوماتى للنصوع .

وبما ان مقاومة حمل انود المكبر الصورى يجب الا تؤخذ كبيرة جدا ، حتى يمكن تكبير نطاق ترددى عريض لدرجة كافية ، فان الصمام المستخدم فى المكبر الصورى ينبغى ان يكون ذا تيار كبير نسبيا من اجل الحصول على فلطية الخرج اللازمة .

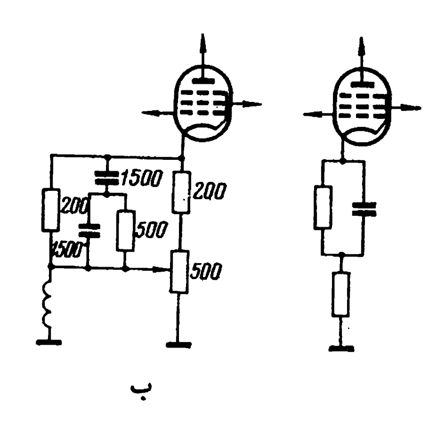
وكما سبق ان ذكرنا ، يبلغ اتساع الاشارة اللازمة لحفز انبوب الصورة ٨٠ فولط وربما اكثر . وقد كان الحصول على مثل هذه الفلطيات بواسطة المكبرات الترانزستورية صعبا جدا حتى الاونة الاخيرة . فمن اجل الحصول على اتساع الاشارة المذكور ، ينبغى ان تكون فلطية منبع مجمع الترانزستور اكثر من ١٠٠ فولط ، بينما كانت اغلب الترانزستورات سابقا لا تتحمل فلطية تزيد عن حوالى ٢٠ فولط . ولذلك لم يكن من الممكن تصميم المكبر الصورى الترانزستورى الا بتوصيل عدة ترانزستورات على التوالى فى مرحلة الخرج .

ولقد تم حاليا التوصل الى انتاج ترانزستورات قادرة على تحمل فلطيات عالية لدرجة كافية . ولكن ضرورة التوفيق بين المكبر الصورى والكاشف تتطلب رغم ذلك استخدام ترانزستورين . ويوصل الترانزستور الاول بطريقة المجمع المشترك ، كتابع باعثى ، ليعطى معاوقة دخل مرتفعة يمكن توفيقها بسهولة مع الكاشف . ويوصل ترانزستور الخرج بطريقة الباعث المشترك التى تعطى اعلى كسب ، او بطريقة القاعدة المشتركة التى تتيح فلطية اكبر لمجمع الترانزستور .

١٠) معادلة استجابة المكبر الصورى : يتم الحصول على النطاق الترددى العريض اللازم للمكبر الصورى بمعادلة استجابته للترددات العالية . وكثيرا ما تستخدم لذلك عدة ملفات ذروة ، كما تستخدم فى بعض الحالات دوائر ذات تقارن متبادل . ويفضل ان تكون ملفات التعادل ذات قلوب حديدية متحركة حتى يمكن توليفها ، بحيث يتم الحصول على احسن استجابة ترددية .

وتتم عملية معادلة المكبر الصورى احيانا باستخدام تغذية خلفية معتمدة على التردد فى دائرة كاثود الصمام . ويمكن اختيار هذه التغذية الخلفية ثابتة (الشكل ١٣ ــ ٣١ ــ أ) او متغيرة (الشكل ١٣ ــ ٣١ ــ ب) .

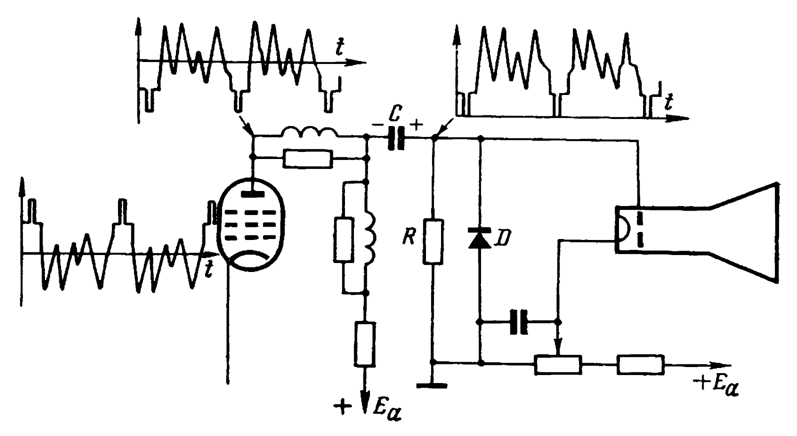
ويمكن استخدام مثل هذه التغذية الخلفية ، بثابت زمنى آخر ، لاحداث تشوهات طورية فى المكبر الصورى تعوض التشوهات التى تنشأ حتما فى مكبر التردد الاوسط . واكثر هذه التشوهات ازعاجا هى التى تحدث فى النطاق الترددى المحيط بالموجة الحاملة فى حدود $\pm$ ٠,٧٥ ميجاهرتز. وعند اختيار الثابت الزمنى لدائرة كاثود المكبر الصورى من العلاقة $f = 0.75 \cdot 10^6 = \frac{1}{4\,RC}$ ، تكون التشوهات الطورية الناتجة فيه مساوية تقريبا بالمقدار ومعاكسة بالعلامة للتشوهات التى تحدث فى مكبر التردد الاوسط ، بحيث يتم الغاء هذه التشوهات.



الشكل ١٣ – ٣١ . تصحيح التردد والطور بواسطة تغذية خلفية سالبة : أ – ثابتة ؛ ب – يمكن ضبطها

١١) المركبة المستمرة : ان متطلبات اعادة انتاج صور الاشياء المتلفزة بدون تشويه والتشغيل الامثل لأنبوب الصورة تستلزم كما ذكرنا فى الفصل الحادى عشر ان تصل المركبة المستمرة للاشارة الصورية المتضمنة لتغيرات متوسط نصوع الشيء المتلفز الى انبوب الصورة بدون عائق . وتكون اشارة الصورة قبل كشفها فى جهاز الاستقبال محمولة على تردد مرتفع ، فتمر من خلال مكبر ترددات اللاسلكى ومكبر التردد الاوسط مرورا حرا . ولكنها تعود بعد الكشف الى شكلها الطبيعى ، فلا يعد فى وسع مركبتها المستمرة المتغيرة بتردد يقل عن ٢ – ٣ هرتز ان تجتاز مكثفات التقارن .

ولذلك ، عندما لا يكون بالامكان الاستغناء عن مكثفات التقارن لدى تصميم المكبرات الصورية (كما فى حالة المكبرات الصمامية المتعددة المراحل) ؛ ينبغى استخدام الدوائر الخاصة باستعادة المركبة المستمرة . ويبين الشكل ١٣ – ٣٢ دائرة بسيطة لا ستعادة المركبة المستمرة فى جهاز الاستقبال التلفزيونى . وتكون نبضات التزامن وجزئيا نبضات الاطفاء فى خرج المكبر الصورى سالبة القطبية . وتقوم كل نبضة تزامن وجزء من نبضة



الشكل ١٣ – ٣٢ . دائرة استعادة المركبة المستمرة فى جهاز تلفزيون

الاطفاء بدفع الثنائى D الى حالة التوصيل وشحن المكثف C حتى فلطية تساوى مجموع مقدارى نبضة التزامن والجزء السالب لنبضة الاطفاء . وبنتيجة شحن المكثف يصبح لوحه المتصل بالالكترود الحاكم لأنبوب الصورة موجب الشحنة . وعندما تنتهى نبضة الاطفاء ، تتبدل قطبية الاشارة ، فيصير الثنائى D فى حالة القطع ، ويبدأ المكثف C بتفريغ شحنته عن طريق المقاومة R ومنبع الأنود E_a . ويختار الثابت الزمنى RC ، بحيث لا يلحق المكثف C ان يفرغ جزءا ملحوظا من شحنته حتى تأتى نبضة التزامن التالية وتشحنه ثانية . وتضاف الفلطية الموجبة « المستمرة » الناتجة على المكثف C الى الاشارة الصورية كما لو انها ترفعها . وبذلك يحافظ اوتوماتيا على ثبات مستوى نبضات التزامن فى الاشارة المسلطة على انبوب الصورة ، ويظل هذا المستوى قريبا جدا من جهد الارض مهما تغيرت شدة اضاءة الاطار المتلفز ، بحيث نحصل من اشارة المنظر النير على صورة نيرة ومن اشارة المنظر القاتم على صورة قاتمة .

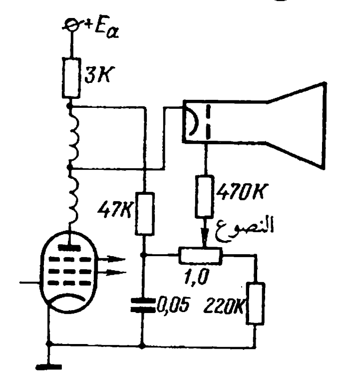
ومن عيوب الدوائر البسيطة لاستعادة المركبة المستمرة بثنائى واحد حساسية هذه الدوائر للضوضاء النبضية وبعض عدم الاستقرار فى تثبيت مستوى الاسود . فعندما تتعدى نبضات الضوضاء مستوي نبضات التزامن ، يحدث « انزياح » لمستوى الاسود. ويعتمد متوسط نصوع الصورة كذلك على تغيرات

مستوى قمم نبضات التزامن . والى جانب ذلك ، يقوم مكثف التقارن بتفريغ جزء من شحنته خلال فترة المسح الافقى ، ومن ثم « تنزلق » نقطة التشغيل وينخفض النصوع على طول خط المسح لدرجة ملحوظة .

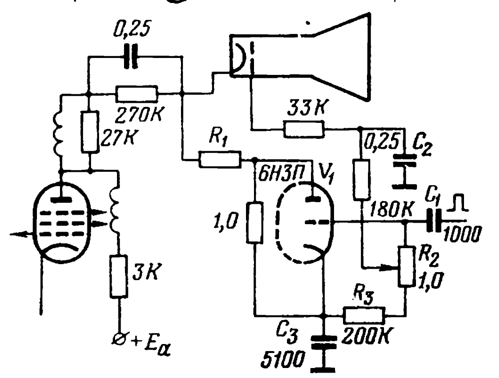
١٢) حاكم النصوع الاوتوماتى : ان ضبط تباين الصورة بتغيير كسب المكبر الصورى المستخدم عادة (راجع الشكل ١٣ — ٢٩) يؤدى كما سبق ان ذكرنا الى تغيير مستوى الاسود ، مما يستلزم ضبط النصوع ايضا . ويمكن طبعا ان نتحكم فى النصوع يدويا ، ولكن هذا غير ملائم مطلقا عمليا . ولذلك تزود كثير من الاجهزة بحواكم اوتوماتية للنصوع .

وأبسط طريقة للتحكم الاوتوماتى فى النصوع هى تغذية مجزىء الفلطية الضابط للنصوع من انود المكبر الصورى بدلا من تغذيته من القطب الموجب لمنبع الانود (الشكل ١٣ — ٣٣) . فعند ضبط التباين تتغير فى نفس الوقت فلطية الاشارة الصورية المسلطة على كاثود انبوب الصورة وفلطية الكترود الحاكم ، ويبقى الفرق بين الفلطيتين ثابتا تقريبا ، ولذا لا يتغير متوسط نصوع الصورة الا قليلا . ولكن هذه الدائرة لا تضمن ثبات مستوى الاسود .

ومن اكثر دوائر التحكم الاوتوماتى فى النصوع كمالا ما يسمى حاكم النصوع الاوتوماتى المحجوز ، المبين بالشكل ١٣ — ٣٤ . وتسلط على شبكة الصمام V_1 عن طريق المكثف C_1 نبضات موجبة تتولد على ملف اضافى لمحول الخرج الافقى فى فترات الارتداد . وتقوم هذه النبضات بدفع الصمام الى



الشكل ١٣ — ٣٣ . دائرة بسيطة للتحكم الاوتوماتى فى النصوع



الشكل ١٣ — ٣٤ . دائرة «محجوزة» للتحكم الاوتوماتى فى النصوع

حالة التوصيل ، فيسيل تيار الشبكة ويشحن المكثف C_1 ، ومن ثم تظهر على الشبكة فلطية سالبة (حوالى ١٤٠ فولط) تجعل الصمام فى حالة القطع خلال فترة المسح الفعال كلها . وفى فترة تأثير نبضة الارتداد الافقى التى يكون الصمام خلالها فى حالة التوصيل يتم شحن المكثف C_1 عن طريق الصمام والمقاومة R_1 حتى فلطية كاثود انبوب الصورة التى تكون عندئذ مساوية لمستوى الاسود (مستوى نبضات الاطفاء) . ويمكن باختيار قيمة مناسبة للمقاومة R_1 جعل الفلطية على المكثف C_3 تتبع هذا المستوى .

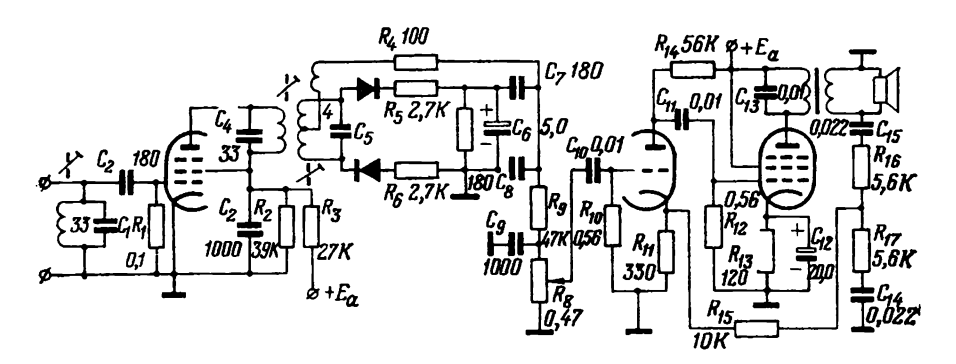
وتتكون الفلطية المسلطة على الالكترود الحاكم لانبوب الصورة من هبوط الفلطية على جزء من المقاومة R_2 والمقاومة R_3 والفلطية الناتجة على المكثف C_3 . وتستخدم المقاومة المتغيرة R_2 لضبط نصوع الصورة .

وطالما ان شحن المكثف C_3 يجرى فقط فى فترات الارتداد ، فان مستوى الاسود يظل جيد الثبات مهما كان محتوى الصورة .

البند ١٣ ــ ٤ قناة الصوت

١) مكبر التردد التضاربى : ان اجهزة التلفزيون العصرية تعمل كما سبق ان ذكرنا بطريقة « التضارب بين الحاملتين » ، اي يستخدم فيها كتردد اوسط للصوت تردد التضارب بين الموجتين الحاملتين للصورة والصوت . وطالما ان هذا التردد (٦,٥ ميجاهرتز) اقل بحوالى ٦ مرات من التردد الاوسط للصورة (٣٨ ميجاهرتز) ، وعرض نطاق الموجة الحاملة للصوت اقل بأكثر من ١٠ مرات من عرض نطاق الموجة الحاملة للصورة ، فان تصميم مكبر التردد الاوسط للصوت لا يثير اية صعوبات خاصة . فلا لزوم هنا للمرشحات المعقدة التى تستخدم فى مبكر التردد الاوسط للصورة ، بل يكفى تماما استخدام دوائر الرنين البسيطة والمحولات المولفة .

ويمكن اخذ التردد التضاربى من خرج المكبر الصورى او الكاشف . واذا اخذ من خرج المكبر الصورى ، فان التكبير اللازم له يمكن ان يتم بمرحلة تكبير واحدة فقط (كما فى جهاز الصنف الثالث УНТ-35 ذى



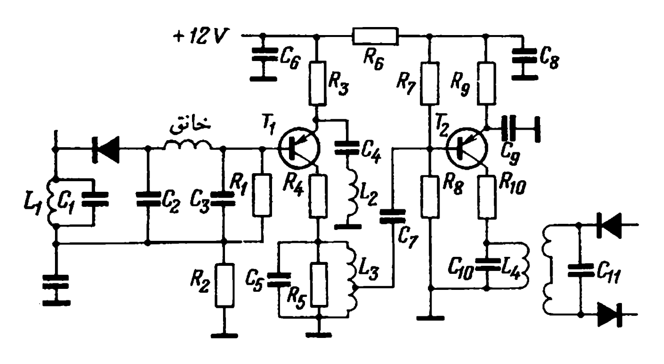
الشكل ١٣ — ٣٥ . دائرة قناة الصوت فى جهاز تلفزيون من طراز УНТ-35

الدائرة المبينة بالشكل ١٣ — ٣٥) . وعند اخذه من خرج الكاشف ، تلزم لتكبيره مرحلتا تكبير (كما فى الجهاز УНТ-47/59) .

وينبغى تصميم مكبر التردد التضاربى ، بحيث تكون استجابته الترددية مستوية فى نطاق عرضه حوالى ٣٠٠ كيلوهرتز ، على ان يكون هبوطها حاداً بقدر الامكان عند طرفى هذا النطاق للتخلص من الاشارات غير المرغوب فيها (وبالدرجة الاولى مركبات الترددات المرتفعة للاشارة الصورية) .

ويصمم مكبر التردد التضاربى غالبا باستخدام دائرة رنين مفردة التوليف فى دائرة الشبكة ومحول مزدوج التوليف ذو تقارن اوثق من الحرج (استجابته ذات قمتين) فى دائرة الانود . وبذلك نحصل على استجابة اجمالية مستوية فى نطاق التمرير وذات حافتين حادتين لدرجة كافية .

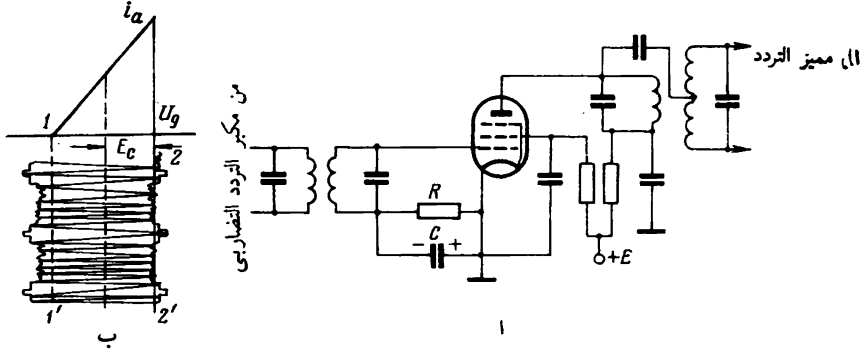
وبمثل هذه البساطة التى يصمم بها مكبر التردد التضاربى الصمامى ، كذلك يمكن تصميم مكبر التردد التضاربى الترانزستورى . ويبين الشكل ١٣ — ٣٦ على سبيل المثال دائرة مكبر التردد التضاربى فى جهاز « يونسبت ». وتستخلص الاشارة التضاربية مع الاشارة الصورية على مقاومة حمل الكاشف R_1 . وتوصل هاتان الاشارتان الى قاعدة الترانزستور T_1 . وتوجد فى دائرة مجمع هذا الترانزستور دائرة رنين تواز L_3C_5 ، بينما توجد فى دائرة باعثه دائرة رنين توال L_2C_4 . وتولف دائتا الرنين على التردد التضاربى ٦,٥ ميجاهرتز . وتعطى دائرة التوازى (الملف L_3 بالذات) معاوقة ضئيلة فى النطاق الترددى



الشكل ١٣ – ٣٦. دائرة مكبر التردد التضاربى فى جهاز تلفزيون من طراز « يونست »

الممتد من الصفر حتى ٥,٥ ميجاهرتز ، ولذا يمكن اعتبار الترانزستور T_1 موصلا لدى الترددات الصورية بطريقة المجمع المشترك (كتابع باعثى) ، ومقاومة حمله عندئذ هى R_3 . وتبدى دائرة التوالى معاوقة منخفضة جدا لدى التردد ٦,٥ ميجاهرتز ، فيعمل الترانزستور T_1 عند هذا التردد بطريقة الباعث المشترك ويتمثل حمله فى هذه الحالة بدائرة التوازى $L_3 C_5$. وتؤخذ الاشارة التضاربية المكبرة من جزء من الملف وتنقل عن طريق المكثف C_7 الى قاعدة الترانزستور T_2 . ويعمل هذا الترانزستور بطريقة الباعث المشترك ، وتوصل بدائرة مجمعه دائرة الرنين الابتدائية $L_4 C_{10}$ لكاشف التردد .

٢) محدد الاتساع : ان محدد الاتساع ذو دائرة مشابهة لدائرة المكبر العادى ، ولكنه يتميز بحالة تشغيل خاصة . فعند تسليط اشارة التردد التضاربى على دخل محدد الاتساع (الشكل ١٣ – ٣٧) ، يسيل تيار الشبكة ويحدث



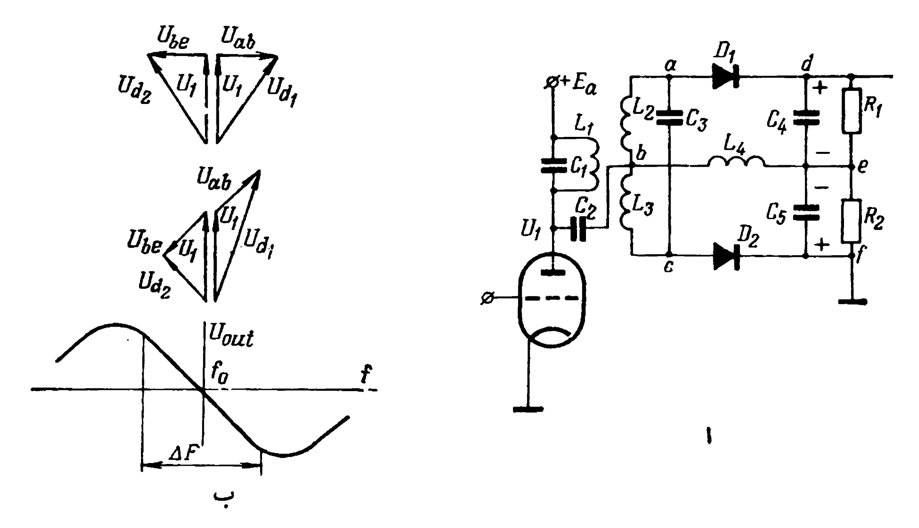
الشكل ١٣ – ٣٧. دائرة لمحدد لاتساع ورسم بيانى يوضح عمله : التحديد على الخط 1' — 1 على حساب قطع تيار الانود ؛ والتحديد على الخط 2' — 2 على حساب قطع تيار الشبكة

على المقاومة R هبوطا فى الفلطية يؤدى الى انزياح نقطة التشغيل على المنحنى المميز $i_a - u_g$. ويختار الثابت الزمنى RC اكبر كثيرا (بحوالى مئة مرة) من مدة دور الاشارة التى يراد الحد منها . ويترتب على ذلك ان يحافظ المكثف C على الفلطية E_c التى يحصل عليها (فى حالة الاستقرار) عند شحنه بالانصاف الموجبة لدورات الاشارة ، فلا يلحق ان يفرغ اى جزء ملحوظ من شحنته خلال انصاف الدورات السالبه ، وتكفى لاستعادته للفلطية E_c فى كل دورة نبضة تيار ضئيلة جدا . وتكون فلطية الانحياز E_c كبيرة لدرجة ان قمم انصاف الدورات الموجبة فقط تجنح الى منطقة تيارات الشبكة . وعلى هذا النحو يتم كبت الغلاف العلوى (الموجب) لتعديل الاتساع الطفيلى للاشارة التضاربية على حساب تيارات الشبكة .

وتختار فلطيتا شبكة وانود الصمام المحدد منخفضتين نسبيا ، بحيث يكون جهد قطع تيار الانود اقل من اتساع الاشارة التى يراد الحد منها . وبذلك تتم ازالة الغلاف السفلى (السالب) لتعديل الاتساع الطفيلى على حساب قطع تيار الانود (الشكل ١٣ ـ ٣٧ ـ ب) .

٣) كاشف التردد : ثمة انواع عديدة لكواشف التردد ، وقد شاع منها فى اجهزة التلفزيون نوعان هما مميز التردد وكاشف النسبة . ويبين الشكل ١٣ ـ٣٨ دائرة المميز . وتولف دائرتا الرنين $L_1 C_1$ و $L_2 L_2 C_3$ بدقة على التردد التضاربى ٦,٥ ميجاهرتز . وعند تسليط هذا التردد على دخل المميز ، تظهر على الملف الثانوى $L_2 L_3$ فلطية منزاحة من حيث الطور بمقدار °٩٠ بالنسبة الى الفلطية على الملف الابتدائى L_1 . ويزود الملف الثانوى بتفريعة منتصف b لتقسيم الفلطية بين طرفيه U_{ac} الى نصفين متساويين U_{ab} و U_{bc} . وتنقل الى تفريعة المنتصف b كل الفلطية الموجودة على الملف الابتدائى .

ويعمل الثنائيان D_1 و D_2 مع المقاومتين R_1 و R_2 والمكثفين C_4 و C_5 ككاشفى اتساع عاديين . ويستخدم الملف L_4 كملف خانق . وبما ان الطرف الايمن لهذا الملف e مؤرض بالنسبة الى التيار المتردد عن طريق المكثف C_5 ، فان الفلطية بين طرفيه تساوى U_1 . وكما نرى من الشكل ١٣ ـ ٣٨ ـ أ ، تتكون كل من فلطيتى التردد العالى المسلطتين على كاشفى الاتساع كمجموع



الشكل ١٣ — ٣٨. دائرة للمميز ؛ ورسمان للموجهات يوضحان عمله ، واستجابته الترددية

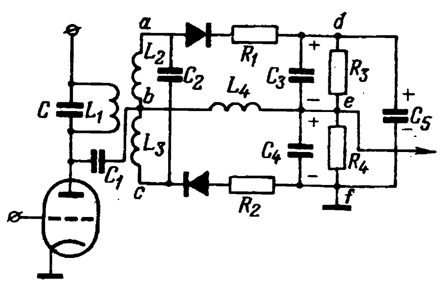
هندسى للفلطية الموجودة على الخانق U_1 وأحد نصفى الفلطية الموجودة على الملف الثانوى (U_{ab} للثنائى D_1 و U_{bc} للثنائى D_2) . وينجم عن انزياح هاتين الفلطيتين فى الطور بمقدار ٩٠° ان يتساوى مقدار الفلطيتين المسلطتين على الثنائيين U_{d_1} و U_{d_2} (الشكل ١٣ — ٣٨ — ب) . ولذلك تنتج عند كشفهما على الحملين R_1 و R_2 فلطيتان مستمرتان متساويتان . وطالما ان الثنائيين موصلان باتجاهين متعاكسين بالنسبة الى حمليهما ، فان فلطية الخرج الناتجة بين النقطتين d و f تساوى الصفر .

وعند تعديل تردد جهاز الارسال ، ينحرف التردد الواصل إلى المميز عن قيمته الاسمية (٦,٥ ميجاهرتز) ، فيختل توليف دائرتى رنين المميز بالنسبة الى ذلك التردد ، ومن ثم يتغير انزياح طور الفلطية الثانوية عن طور الفلطية الابتدائية (الشكل ١٣ — ٣٨ — ج) . وفى هذه الحالة يختلف مقدار الفلطيتين المؤثرتين على الثنائيين ، فتصبح الفلطيتان المقومتان الناتجتان على حملى الكاشفين غير متساويتين ، وبذلك نجد ان فلطية الخرج المساوية للفرق بين الفلطيتين المقومتين مختلفة عن الصفر . وتكون فلطية الخرج موجبة او سالبة تبعا لجهة انحراف التردد المسلط على المميز عن تردد الرنين .

ويبين الشكل ١٣ ـ ٣٨ ـ د الاستجابة الترددية للمميز ، اى تبعية فلطية خرجه للتردد .

ويستخدم لكشف تعديل التردد الجزء المستقيم من هذه الاستجابة (ΔF) . ويفسر انخفاض فلطية الخرج عند انحراف التردد كثيرا عن قيمته الرنينية بالخواص الانتقائية لدوائر الرنين التى لا تمرر الا الترددات القريبة من تردد الرنين .

واذا كانت الذبذبات المسلطة على المميز تتغير فى نفس الوقت من حيث التردد والاتساع ، كما يحدث مثلا نتيجة للتعديل الطفيلى لاتساع الموجة الحاملة للصوت باشارة الصورة ، فان اشارة الخرج تتأثر بذلك تأثرا كبيرا (بالزيادة او النقصان) . فمن اجل منع تسرب اشارة الصورة الى قناة الصوت ، ولتلافى ازيز التردد الرأسى الناجم عن ذلك ، ينبغى ان يستخدم قبل المميز محدد فعال يزيل تعديل الاتساع المزيف لذبذبات التردد التضاربى .



الشكل ١٣ - ٣٩ . دائرة كاشف النسبة

وتعتبر الحاجة الى محدد جيد للاتساع عيبا من عيوب المميز . ويخلو من هذا العيب ما يسمى كاشف النسبة ذو الدائرة المبينة بالشكل ١٣ ـ ٣٩ .

وتتميز هذه الدائرة عن دائرة المميز بأن الثنائيين موصلان فيها باتجاهين مختلفين ، بحيث تجمع الفلطيتان المقومتان على حملى الثنائيين بدلا من ان تطرحا . وعند انحراف التردد تزداد الفلطية الناتجة على حمل احد الثنائيين ، وبنفس المقدار تقل الفلطية الناتجة على حمل الآخر ، فتظل المحصلة على كلا الحملين ثابتة القيمة . وتؤخذ فلطية خرج كاشف النسبة من حمل احد الثنائيين (من R_4 مثلا) .

ويستخدم المكثف الكبير السعة C_5 (الموصل على التوازى مع كلا الحملين) والمقاومتان R_1 و R_2 ايضا لمنع حدوث اية تغيرات سريعة فى الفلطية

الموجودة بين النقطتين d و f ، كتلك التى يمكن ان تنجم عن التعديل غير المرغوب فيه لاتساع الاشارة التضاربية باشارة الصورة . وبذلك يتم ايضا التخلص من تأثير تعديل الاتساع غير المرغوب فيه على فلطية الخرج المأخوذة من احدى مقاومتى الحمل (R_4) .

وتؤدى التغيرات البطيئة فى اتساع الاشارة التضاربية الى تغيرات بطيئة مماثلة فى الفلطية الموجودة على المكثف C_5 . ويمكن استخدام هذه الفلطية للتحكم الاوتوماتى فى كسب جهاز الاستقبال بتسليطها على شبكات صمامات التكبير .

هذا وان الدوائر العملية لكاشف النسبة المستخدمة فى اجهزة التلفزيون كثيرا ما تكون معدلة ومبسطة كالدائرة المبينة بالشكل ١٣ ــ ٣٥ .

٤) خفض الذروة : ان استخدام تعديل التردد لارسال الصوت يسمح بتحسين نسبة الاشارة السمعية الى الضوضاء فى خرج جهاز الاستقبال بواسطة « رفع الذروة » قبل الارسال . ويقصد بذلك رفع كسب الترددات العليا للاشارة السمعية التى تعدل تردد جهاز الارسال .

ويمكن استعادة النسبة الطبيعية بين مركبات الترددات العليا ومركبات الترددات السفلى فى جهاز الاستقبال باجراء ما يسمى خفض الذروة ، اى باضعاف الترددات العليا . وتتم عملية خفض الذروة بواسطة دائرة تكامل (كالدائرة $R_9\,C_9$ فى الشكل ١٣ ــ ٣٥) . ولا تؤول هذه العملية الى خفض مستوى مركبات الترددات العليا للاشارة السمعية فحسب ، بل تؤول ايضا الى اضعاف مركبات الترددات العليا لضوضاء قناة الارسال بنفس النسبة .

البند ١٣ ــ ٥ وسائل توليف وضبط اجهزة التلفزيون

يزود كل جهاز تلفزيون بعدد كبير نسبيا من الحواكم والضوابط . وتستخدم بعض الحواكم بكثرة (اثناء استقبال البرامج التلفزيونية) ، ولذا تركب على اللوحة الامامية للجهاز لتتيسر ادارتها ، بينما تركب الحواكم والضوابط الاخرى التى يندر استخدامها على الجدار الخلفى للجهاز او فى داخله (وهى تستخدم اساسا عند ضبط الجهاز فى المصنع فقط) .

وسنتعرض باختصار للغرض من الحواكم والضوابط الاساسية .

١) حاكم التوليف : من الضرورى توليف جهاز التلفزيون على تردد الارسال ، شأنه فى ذلك شأن اى جهاز استقبال . ويولف جهاز التلفزيون عادة بتبديل ملفات مكبر ترددات اللاسلكى والمازج والمذبذب المحلى (بادارة منتخب القنوات) وبالضبط الاضافى الدقيق لتردد المذبذب المحلى (بواسطة مكثف متغير السعة) . ويتم التوليف على الترددات بعد العالية عادة بالتغيير المتصل للتردد (بواسطة مكثف متغير السعة او فجوة رنانة ذات كباس متحرك).

٢) حاكم التباين : ان الحاكم الاوتوماتى للكسب الذى تزود به غالبية اجهزة التلفزيون العصرية يضمن ثبات اشارة خرج جهاز التلفزيون ، ومن ثم يضمن ثبات تباين الصورة . ولكن من الضرورى ان يكون بامكان المشاهدين ضبط تباين الصورة حسب تذوقهم . ولذلك ينبغى ان يوجد فى جهاز التلفزيون حاكم يدوى اضافى للكسب . ويتم التحكم فى التباين فى اغلب الاجهزة العصرية بتغيير كسب المكبر الصورى . وتستخدم من اجل هذا طرائق كثيرة ، منها تغيير جهد الشبكة الحاجبة لصمام المكبر الصورى بواسطة مجزىء جهد او تغيير انحياز الشبكة الحاكمة للصمام او تغيير الانحياز ومقدار التغذية الخلفية من الكاثود الى الشبكة فى آن واحد .

٣) حاكم النصوع (الاضاءة) : يستخدم حاكم النصوع او الاضاءة لضبط حالة تشغيل انبوب الصورة ، بحيث يتم قطع شعاع انبوب الصورة واطفاء ضوء الشاشة عمليا ، عندما تكون الاشارة الصورية على مستوى الاسود . وتختار نقطة تشغيل انبوب الصورة على المنحنى المميز بتغيير فلطية انحياز الالكترود الحاكم .

٤) ضبط التركيز : ان الغرض من التركيز هو تصغير مقاس النقطة المضيئة الناتجة على الشاشة من اجل الحصول على احسن بيان لتفاصيل الصورة . ويتم التركيز فى انابيب الصورة المستخدمة فى الاجهزة العصرية بالطريقة الالكتروستاتية . وتتميز هذه الانابيب بأن جودة التركيز فيها لا تتأثر كثيرا عند تغيير جهد الكترود التركيز . ولذلك يستغنى فى كثير من اجهزة التلفزيون عن استخدام حاكم خاص للتركيز ، ويكتفي بضبط التركيز عند تركيب او

تبديل انبوب الصورة باختيار جهد مناسب من الجهود التى يمكن ان يوصل اليها الكترود التركيز .ٌ. ، ١٣٠ ، ٢٥٠ ، ٦٠٠ فولط (وبالطبع ، يمكن ان تختلف هذه القيم نوعا ما باختلاف طراز جهاز التلفزيون) . ويؤخذ جهد التركيز فى بعض الحالات من مجزىء للجهد يمكن ضبطه بسلاسه فى الحدود اللازمة .

٥) ضوابط الهيكل الخطى : ثمة مجموعة كبيرة من ضوابط جهاز التلفزيون تستخدم لضبط الهيكل الخطى ، ومن ضمنها ضوابط خطية المسح الافقى والرأسى والارتفاع والعرض والموكزة (الوسطنة) ، وكذلك ضابطا الثبات الافقى والرأسى .

٦) التحكم فى جهاز التلفزيون عن بعد : من الملائم تزويد جهاز التلفزيون بوحدة نقالة تسمح بالتحكم عن بعد فى بعض بارامتراته (كالنصوع والتباين والجهارة) . وتوصل هذه الوحدة الى جهاز الاستقبال بواسطة كابل متعدد الاسلاك ذى قابس خاص . ويختار طول الكابل عادة حوالى خمسة امتار . وتبلغ سعته عندئذ مئات البيكوفاراد . ومن غير المسموح به توصيل هذه السعة الكبيرة الى دوائر الترددات المرتفعة ودوائر الترددات الصورية أو السمعية ، لأنها تسبب اختلالا فى التوليف وتؤدى الى هبوط مستوى مركبات الترددات العليا ، كما ان الاسلاك الطويلة يمكن ان تكون مصدرا للطفيليات والتداخلات ، اذ انها تتعرض لتأثير شتى المجالات الخارجية حتى ولو كانت موضوعة فى حجاب (درع) . وينبغى عدم توصيل وسائل التحكم عن بعد الا الى دوائر التيار المستمر التى لا تتأثر بالطفيليات والتداخلات .

البند ١٣ ـ ٦ وحدة تغذية جهاز التلفزيون

١) الغرض من وحدة التغذية ومبدأ عملها : تستخدم وحدة التغذية لتحويل فلطية خط التيار المتردد (٢٢٠ أو ١٢٧ فولط) الى فلطيات مستمرة ومترددة تغذى شتى دوائر جهاز التلفزيون .

وتتم تغذية غالبية الاجهزة الصمامية التى تنتج فى الاتحاد السوفييتى حاليا بالفلطيات التالية :

١ ــ فلطية مترددة ٦,٣ فولط لفتائل الصمامات ،

٢ ــ فلطية مستمرة ــ ١٧ فولط لدوائر الانحياز ،

٣ ــ فلطيتين مستمرتين + ١٥٠ و + ٢٥٠ فولط لدوائر الانودات والشبكات الحاجبة .

ويحتاج جهاز التلفزيون ايضا الى فلطية عالية لتغذية انود انبوب الصورة (حوالى + ١٥ كيلوفولط) ، وفلطية قدرها + ٦٠٠ فولط تقريبا لتغذية بعض دوائر المسح وبعض الكترودات انبوب الصورة . ولكن هاتين الفلطيتين لا تستحصلان عادة بالتحويل المباشر لطاقة التيار المتردد ، بل تستحصلان بطريقة غير مباشرة بتقويم نبضات الارتداد المتولدة فى دوائر المسح الافقى .

ويتم تقويم التيار المتردد عادة بواسطة ثنائيات شبه موصلة . وتستخدم عادة عدة مقومات من اجل الحصول على الفلطيات المستمرة اللازمة بدون مقسمات للفلطية او مقاومات هبوط اضافية وما ينجم عنها من استهلاك غير مفيد للطاقة .

٢) محول القدرة : يتم الحصول على القيم اللازمة للفلطيات المترددة بواسطة محول قدرة متعدد الملفات .

وتجهز الملفات الابتدائية عادة بتفريعات تسمح بتوصيلها الى ٢٢٠ و١٢٧ فولط .

وتجهز الملفات الثانوية ، تبعا لدائرة التقويم ، بتفريعات منتصف او بتفريعات اخرى لكى تؤخذ منها الفلطيات اللازمة .

ويستخدم لتسخين فتايل الصمامات وفتيلة انبوب الصورة ملفان على الاقل . ولا يمكن تغذية الفتايل من ملف واحد ، لئلا يكون جهد فتيلة انبوب الصورة قريبا من الصفر (اذ ان احد طرفى ملف تسخين فتايل الصمامات يجب ان يؤرض) ، بينما يقع كاثوده تحت تأثير جهد انود صمام المكبر الصورى (حوالى ٢٥٠ فولط) ، ففى هذه الحالة يمكن ان يحدث انهيار بين كاثود وفتيلة انبوب الصورة (طالما ان الفلطية المتاحة بين الكاثود والفتيلة هى ١٢٥ فولط لأغلب الانابيب) . ويتم تفادى ذلك بتسخين فتيلة انبوب الصورة من ملف منفصل يعزل عن الشاسيه .

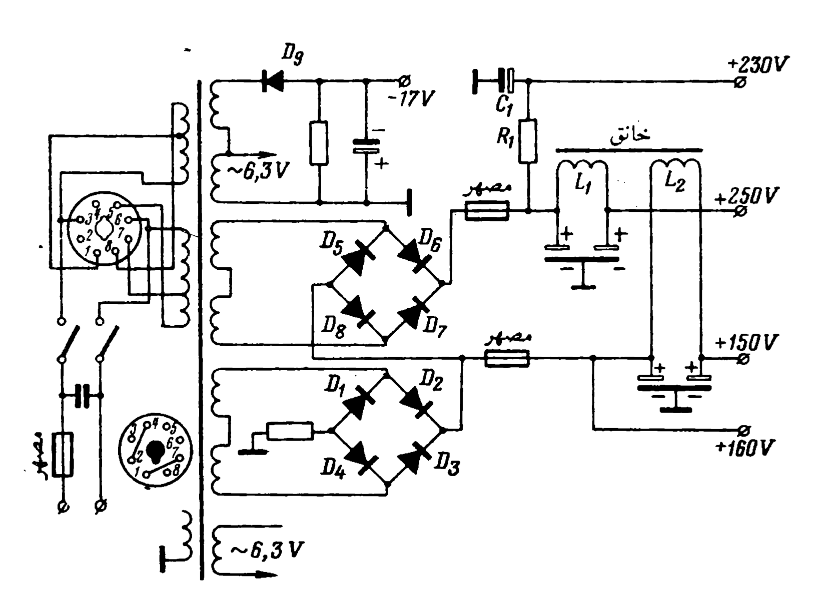
ومن اجل تلافى مرور التداخلات من خلال المحول (من خط التيار المتردد الى جهاز التلفزيون وبالعكس) يفصل الملف الأبتدائى عن الملف الثانوى بحجاب الكتروستاتى على شكل ملف وحيد الطبقة يؤرض احد طرفيه ، او على شكل لفة واحدة غير مقفلة من شريط معدنى .

ومن اجل ذلك ايضا يوضع فى دخل جهاز التلفزيون مرشح يتألف من مكثف او عدة مكثفات ، وقد يستخدم فيه كذلك ملفان خانقان .

٣) دائرة عملية لوحدة التغذية : يبين الشكل ١٣ — ٤٠ دائرة وحدة تغذية جهاز التلفزيون УНТ-35 . وتؤخذ من قنطرة التقويم السفلى $D_1 — D_4$ فلطية قدرها + ١٦٠ فولط تنخفض بعد الملف الخانق L الى + ١٥٠ فولط . وتعطى قنطرة التقويم الوسطى $D_5 D_8$ فلطية تساوى تقريبا + ١٠٠ فولط . وتنتج عن توصيل القنطرتين على التوالى فلطية قدرها + ٢٥٠ فولط (تصبح +٢٣٠ فولط بعد المرشح الاضافى $R_1 C_1$) .

ويعطى المقوم العلوى D_9 جهد انحياز سالب قدره — ١٧ فولط .

وتستخدم قنطرتا التقويم من اجل الترشيح ملفين خانقين ، لهما قلب



الشكل ١٣ — ٤٠ . دائرة وحدة التغذية فى جهاز تلفزيون من طراز УНТ-35

مشترك ، موصلين بحيث يكون المجال المغنطيسي لأحدهما معاكسا لمجال الآخر . وعلى ذلك النحو ، يعمل قلب الملفين بدون تمغنط ، فتزداد محاثتاهما

٤) تثبيت فلطيات التغذية : من المؤسف ان فلطية خط التيار المتردد غير ثابتة لدرجة كافية ، اذ انها تتغير تتغيرات بطيئة نسبيا نتيجة للتغيرات اليومية فى حمل الخط ، كما انها تتغير تغيرات سريعة عند توصيل وقطع شتى الاجهزة الكهربائية ، وخاصة الاجهزة التى تسحب تيارا كبيرا عند بدء التشغيل ، كالثلاجات مثلا . وتؤدى التغيرات البطيئة الى تغيرات مناظرة فى ابعاد الصورة وتباينها ونصوعها ، بينما تؤدى التغيرات السريعة الى رجفانها وقفزها واختلال تزامنها .

وتضمن اجهزة التلفزيون التجارية الجودة اللازمة للصورة عند تغير فلطية الخط فى حدود + ٥ و — ١٠ ٪ من القيمة الاسمية .

ويتم اضعاف تأثير تغيرات فلطية الخط على استقرار وجودة الصورة فى بعض طرازات اجهزة التلفزيون بتنظيم (تثبيت) الفلطية التى تغذى الدوائر الاكثر حساسية لتغيرات الفلطية .

ويمكن ضمان استقرار عمل جهاز التلفزيون فى الاماكن التى تخرج فيها فلطية الخط عن الحدود المذكورة بواسطة منظمات للفلطية تعمل بمبدأ الرنين المغنطيسى الحديدى . وعند تغير فلطية الخط من + ١٠ حتى — ٣٥٪ تتغير فلطية خرج المنظم الرنينى الحديدى بنسبة تقل عن ٥٪ (ولا تتعدى ١٪ عند بعض الطرازات) . ولكن المنظمات الرنينية الحديدية لا تحمى جهاز التلفزيون الا من التغيرات البطيئة فى فلطية الدخل .

ويتكون المنظم الرنينى الحديدى من ملف خانق يعمل فى حالة بعيدة عن تشبع القلب الحديدى وملف خانق يعمل فى حالة التشبع الكامل . ويوصل على التوازى مع الملف الخانق الثانى مكثف يشكل معه دائرة رنين . وتولف هذه الدائرة على التردد ٥٠ هرتز ، عندما تكون فلطية المنبع مساوية للقيمة الاسمية .

ويؤدى اختلاف هبوط الفلطية على الخانق ذى القلب المشبع والخانق ذى القلب غير المشبع واختلال توليف دائرة الرنين عند تغير التيار المار بالمحاثة

ذات القلب المشبع الى ضمان ثبات فلطية خرج المنظم الرنينى الحديدى نسبيا ؛ ومن عيوب المنظمات الرنينية الحديدية التغير الكبير فى فلطية الخرج عند تغير التردد . فعند انحراف التردد بنسبة ١ — ٢٪ تتغير فلطية الخرج بنسبة ٢ — ٣٪ .

اضف الى ذلك ان المنظم الرنينى الحديدى يحدث مجالا مغنطيسيا شاردا كبير الشدة يمكن ان يستحدث فى دوائر جهاز التلفزيون شتى التداخلات ، ويسبب بتأثيره على شعاع انبوب الصورة تشو يهات هندسية للهيكل الخطى . ولذلك ينبغى عدم وضع المنظم قريبا جدا من جهاز التلفزيون ، ومن الضرورى اختيار وضع مناسب له .

واخيرا ، اذا مر تيار مستمر بالمنظم الرنينى الحديدى ، فهو يسبب تشبعا اضافيا للخانق الثانى ، مما يؤدى الى تغير فلطية الخرج وتشوه شكلها الموجى . ويحدث ذلك مثلا ، اذا وصلنا الى المنظم جهاز تلفزيون ذا محول ذاتى . ولذلك ينبغى عدم توصيل مثل هذا الجهاز الى المنظم الا عن طريق محول ذى ملفين منفصلين نسبة لفاتهما ١ : ١ .

ومما يجب مراعاته ان توصيل المنظم (او المحول المنظم) الى المنبع فى حالة عدم التحميل يمكن ان يؤدى الى اعطابه .

الفصل الرابع عشر

التلفزيون الملون

البند ١٤ـ١ ابصار الالوان

ان الانظمة العصرية للتلفزيون الملون مبنية على اساس نظرية ابصار الالوان الثلاثية المستقبلات . وقد تقدم بفكرة هذه النظرية لومونوسوف فى عام ١٧٥٦ وطورها من بعده يونج وهلمهولتس وفيودروف وكراكوف وغيرهم من العلماء .

وبموجب هذه النظرية توجد فى شبكية عين الانسان ثلاثة انواع من المخاريط ذات حساسية طيفية مختلفة . وعند استثارة احد هذه الانواع يحدث احساس باللون الاحمر ، وعند استثارة نوع آخر يحدث احساس بالاخضر ، وعند استثارة النوع الثالث يحدث احساس بالازرق . وعند سقوط اشعة الضوء من الشىء المرئى على شبكية العين ، تتأثر فى نفس الوقت الانواع الثلاثة للمخاريط . وتبدو الاشياء المرئية بيضاء اللون ، اذا استثيرت جميع المخاريط بنفس الدرجة . وعند اختلاف درجة استثارة المخاريط المختلفة ترى العين صورة ملونة .

وتدعى الالوان الاحمر والاخضر والازرق بالالوان الاساسية او الابتدائية . وهى مستقلة بعضها عن بعض ، لانه لا يمكن تكوين اى منها بمزج اللونين الآخرين . ويمكن الحصول على كل الالوان الاخرى بتأثير نسب معينة من مقادير الذبذبات الضوئية للألوان الاساسية فى ان واحد على شبكية العين . ولكل لون اساسى لون مناظر يتممه ، اى يكون معه اللون الابيض حين يمتزج به .

وتوجد ثلاث طرائق لمزج الالوان : طريقة المزج فى آن واحد وطريقة المزج على التتابع وطريقة « المزج بالعينين » .

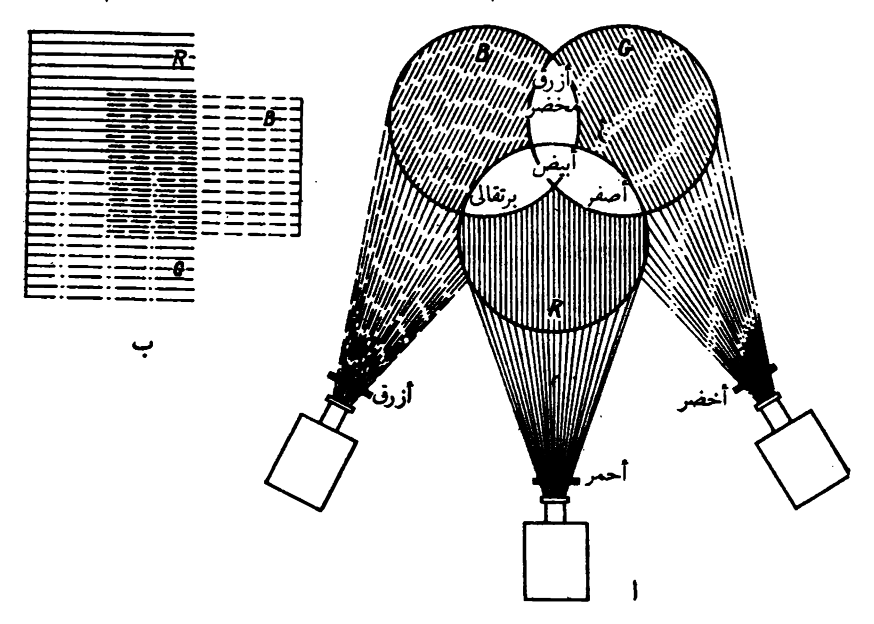
ويمكن اجراء مزج الالوان فى آن واحد بطريقتين :

١ – بأن نسقط على الشاشة ثلاث صور متشابهة (الشكل ١٤ – أ) ، ملونة بالالوان الاساسية (ويمكن بضبط نصوع كل من تلك الصور ان نحصل على صورة ملونة باى لون من البنفسجى الى الاحمر) ؛

٢ – بأن نسقط على الشاشة نقطا صغيرة او خطوطا رفيعة ملونة بالالوان الاساسية (الشكل ١٤ – ١ – ب) ، على الا يحدث تراكب او تداخل فيما بينها . وينبغى اختيار مقاس النقط او ثخانة الخطوط ، بحيث لا تستطيع العين ان ترى ايا منها على حدة ، بل ترى لونها الكلى .

ويتم مزج الالوان على التتابع بالتأثير على العين بتدفقات ضيائية مختلفة اللون ، كما يحدث مثلا عند مشاهدة عجلة « ماكسويل » التى تستخدم لا يضاح التركيب المعقد للضوء الابيض . وينبغى ان تتوافق سرعة تعاقب الالوان مع خواص مداومة الابصار ، اى يجب ان تكون اكبر من التردد الحرج للارتعاش .

ويمكن اجراء « مزج الالوان بالعينين » بالتأثير على العينين بتدفقين ضيائيين مختلفى اللون . وتستخدم هذه الطريقة فى التلفزيون المجسم .



الشكل ١٤ – ١ . طرائق مزج الالوان

البند ١٤ــ٢ انابيب الصورة الثلاثية الالوان

ان الانواع الاساسية لانابيب الصورة الثلاثية الالوان هى :

١ ــ انبوب الصورة الثلاثى الاشعة ذو القناع والشاشة الفسيفسائية (النقطية) ؛

٢ ــ انبوب الصورة الثلاثى الاشعة ذو الشبكة المركزة والشاشة الشرائحية (الخطية) (وهو يسمى « الكروماترون » الثلاثى الاشعة) ؛

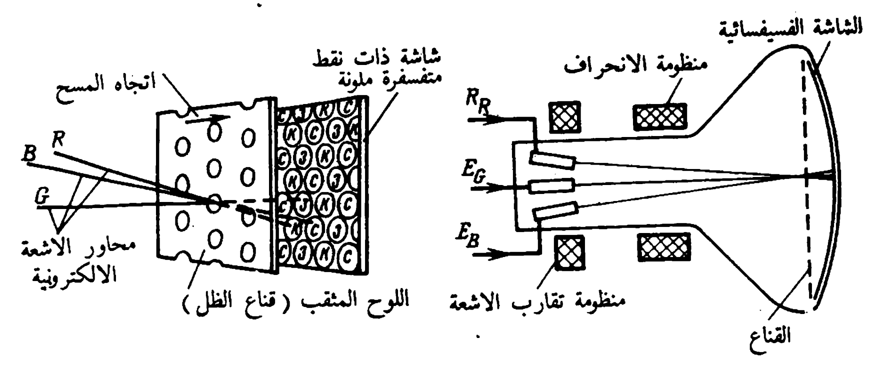
٣ ــ « الكروماترون » الاحادى الشعاع ذو الشبكة المبدلة للالوان والشاشة الشرائحية .

ولقد عم فى الوقت الحاضر استخدام انبوب الصورة ذى القناع (الشكل ١٤ ــ ٢) الذى يشتمل على ثلاثة مدافع للالكترونات ، وشاشة فسيفسائية مطلية بعدد كبير (٤٠٠ ــ ٥٠٠ الف) من المجموعات المتفسفرة ، وسطح معدنى مثقب (قناع الظل) عدد ثقوبه يساوى عدد المجموعات المتفسفرة .

وتتألف كل مجموعة متفسفرة من ثلاث (ثالوث) حبيبات من مواد متفسفرة حمراء وخضراء وزرقاء التالق توضع بدقة حسب ترتيب معين .

ويجرى تعديل شعاع كل مدفع من مدافع الالكترونات بالاشارة اللونية المناظرة له .

ويركب القناع بحيث تتقاطع اشعة المدافع كلها على مستويه مارة من خلال نفس الثقب ، على ان يسقط كل منها على الحبيبة المتفسفرة التى تضىء



الشكل ١٤ ــ ٢ . انبوب الصورة ذو الشاشة الفسيفسائية الملونة وقناع الظل

باللون المناظر ، فينبغى مثلا ان يسقط الشعاع المعدل بالمركبة الحمراء لاشارة الصورة على الحبيبة ذات الضياء الاحمر .

وعند تحريك الاشعة بمنظومة انحراف مشتركة ينبغى الا يتغير وضعها على الشاشة بالنسبة الى النقط اللونية للمجموعات المتفسفرة . وطالما ان مقاس النقط المتفسفرة صغير للغاية ، فان الوانها تبدو على الشاشة ممتزجة .

ويتم ضبط تقارب الاشعة الالكترونية (تقابلها على مستوى قناع الظل فى ثقب واحد) بواسطة منظومة خاصة مكونة من ثلاثة مغنطيسات كهربائية .

ولانبوب الصورة ذى القناع عيبان هما تعقد الصنع (نظرا لضرورة احكام الاوضاع النسبية للمدافع والقناع والشاشة بدقة فائقة) وقلة « شفافية » القناع للالكترونات (حوالى ١٥٪) ، مما يجعل من الصعب الحصول على نصوع عال للصور الملونة .

هذا وان تكلفة انبوب الصورة ذى القناع اكبر عدة مرات من تكلفة انبوب الصورة الاسود والابيض المماثل له بالمقاس .

اما انابيب الصورة ذات الشبكات المركزة والمبدلة للالوان ، فهى تسمح بالحصول على صور اكثر نصوعا بكثير ، لأن شفافية الشبكات يمكن ان تبلغ حوالى ٨٠ — ٨٥٪ . وتتكون شاشات هذه الانابيب من « ثالوثات » من شرائح (خطوط) رأسية او افقية من مواد متفسفرة زرقاء وخضراء وحمراء التألق .

وتصنع الشبكات على شكل اطار معدنى تمد عليه عدة مئات من شعيرات رفيعة .

وفى حالة « الكروماترون » الثلاثى الاشعة يسلط على الشبكة جهد مستمر بالنسبة الى الشاشة المؤلمنة ، وبذلك تؤلف شعيرات الشبكة منظومة عدسات اسطوانية تقوم بتركيز شعاع المدفع « الاحمر » على الشريحة المتفسفرة الحمراء وشعاع المدفع « الازرق » على الزرقاء وشعاع المدفع « الاخضر » على الخضراء .

وفى حالة « الكروماترون » الأحادى الشعاع تكون الشبكة عبارة عن مجموعتين من الشعيرات معزولتين كل منهما عن الاخرى . وتسلط على المجموعتين نبضات تبديل عالية التردد من ملف لمحول خاص ، بحيث يتم

توجيه الشعاع الالكترونى على الشريحة المتفسفرة الحمراء او الخضراء او الزرقاء طبقا لقطبية نبضات التبديل .

ونظرا لأن « الكروماترون » الأحادى الشعاع لا يستلزم وجود منظومة معقدة لتقارب الاشعة ، فقد شاع استخدامه فى الطرازات الرخيصة لأجهزة التلفزيون الملون (وخصوصا اجهزة الاستقبال النقالة) .

البند ١٤ – ٣ انظمة التلفزيون الملون

يجرى ارسال الصورة التلفزيونية الملونة كالاتى:

١ – تحليل الصورة الملونة الى ثلاث صور احادية اللون بالالوان الاساسية : الاحمر والاخضر والازرق ؛

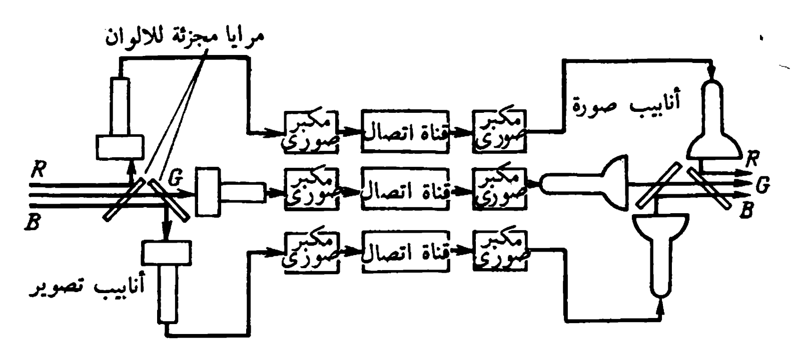
٢ – تحويل الصور الثلاث الى ثلاث اشارات صورية كهربائية ؛

٣ – ارسال هذه الاشارات بقنوات الاتصال ؛

٤ – التحويل العكسى للاشارات الكهربائية الى ثلاث صور بصرية احادية اللون بالاحمر والاخضر والازرق ؛

٥ – جمع الصور الثلاث الأحادية الالوان بصريا لتكوين صورة واحدة متعددة الالوان .

ويمكن تقسيم انظمة التلفزيون الملون الموجودة الى طائفتين اساسيتين : انظمة النقل الآنى للمركبات اللونية وانظمة النقل التتابعى للمركبات اللونية .



الشكل ١٤ – ٣. رسم تخطيطى لمراحل المنظومة الآنية للتلفزيون الملون

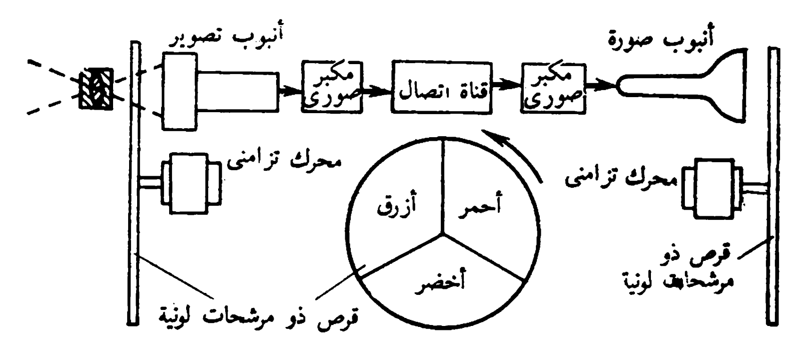
١) النظام الآنى : يبين الشكل ١٤ – ٣ منظومة للنقل الآنى للصور الملونة . ويتم تحليل الصورة المتعددة الالوان فى الطرف المرسل باستخدام وسائل البصريات (مثلا المرايا المجزئة للالوان) الى ثلاث صور احادية اللون : خضراء وحمراء وزرقاء . ويجرى اسقاط هذه الصور الثلاث على الكاثودات الضوئية لثلاثة انابيب من انابيب التصوير التلفزيونى . ويتم ارسال الاشارات الصورية الماخوذة من مقاومات حمل انابيب التصوير الى الطرف المستقبل بواسطة ثلاث قنوات اتصال مستقلة .

وفى الطرف المستقبل توصل الاشارات اللونية (المناظرة للصور الثلاث الأحادية اللون) الى المدافع الثلاثة لأنبوب الصورة الثلاثى الالوان او توصل الى الالكترودات الحاكمة لثلاثة انابيب من انابيب الصورة ذات شاشات حمراء وخضراء وزرقاء الضياء . وعند استخدام جهاز الاستقبال الثلاثى الانابيب يتم الحصول على الصورة المتعددة الالوان بطريقة التراكب البصرى .

ويمكن أن تكون القنوات الثلاث عبارة عن ثلاثة خطوط اتصال منفصلة (ثلاثة كوابل مثلا) اوخط اتصال مشترك مع اجهزة لائتلاف ثلاث قنوات (اجهزة للاتصال « التقابلى المتعدد ») . ويتم الارسال الآنى لعدة اشارات بالطرائق العادية للاتصال المتعدد القنوات بتحميل الاشارات على موجات حاملة فرعية وترتيب اطياف الاشارات المعدلة بجوار بعضها البعض . ومن الواضح انه عند استخدام هذه الطريقة لارسال ثلاث اشارات فى آن واحد يلزمنا خط اتصال ذو نطاق ترددى مضاعف ثلاث مرات .

٢) النظام التتابعى : يبين الشكل ١٤ – ٤ منظومة تتابعية مبنية على اساس التبديل الميكانيكى للالوان . ويوضع فى الطرف المرسل بين العدسة الشيئية وانبوب التصوير ، على طريق التدفق الضيائى الصادر عن الشىء الذى تجرى تلفزته ، قرص ذو مرشحات ضوئية : احمر واخضر وازرق . ويوضع مثل هذا القرص ايضا فى الطرف المستقبل امام شاشة انبوب الصورة . وينبغى ان يدور القرصان دورانا متزامنا بدقة : بنفس السرعة والطور .

وعند مرور المرشح الضوئى الاحمر امام لوح هدف انبوب التصوير ، تنفذ من خلال المرشح الاشعة الحمراء فقط ، فتسقط على لوح الهدف تفاصيل



الشكل ١٤ – ٤. رسم تخطيطي لمراحل المنظومة التتابعية للتلفزيون الملون

صورة الشيء المتلفز المتضمنة لنقبات حمراء . ويعاد انتاج الاشارة الصورية المنقولة بقناة الاتصال الى الطرف المستقبل على شاشة أنبوب الصورة بشكل صورة سوداء وبيضاء . وطالما ان شاشة انبوب الصورة تشاهد عندئذ من خلال مرشح ضوئي احمر ايضا ، فان الصورة المستقبلة تبدو حمراء . وتنقل في اللحظات التالية صور تفاصيل الشيء المتلفز المحتوية على نقبات خضراء وزرقاء . واذا كانت سرعة تبديل الالوان كبيرة لدرجة كافية ، فان الصور الثلاث الأحادية اللون (الحمراء والخضراء والزرقاء).تندمج في عين المشاهد على شكل صورة واحدة متعددة الالوان .

وعلى هذا النحو ، يجري نقل صورة كل اطار في المنظومة التتابعية للتلفزيون الملون بثلاث دفعات : من خلال مرشح احمر ومرشح اخضر ومرشح ازرق .

وطالما ان تردد الاطار في التلفزيون محدد بضرورة عدم وجود ارتعاش ، فان الصور (الاطارات) اللونية الجزئية ينبغي ان ترسل في المنظومة التتابعية للتلفزيون الملون بسرعة مضاعفة ثلاث مرات ، لئلا يظهر ارتعاش على تفاصيل الصبغات المشبعة .

ورغم ان النظام التتابعي للتلفزيون الملون يتطلب قناة اتصال واحدة ، ينبغي ان يكون النطاق الترددي للقناة اعرض ثلاث مرات مما في حالة التلفزيون الاسود والابيض (اذ ان نطاق ترددات الاشارة الصورية يتناسب طرديا مع تردد الاطار) .

مقارنة النظامين ومشكلة التآلف : ان كلا النظامين يتطلبان نطاقا ترددیا اعرض ثلاث مرات مما يتطلبه التلفزيون الاسود والابيض . ويعنى ذلك انه لا يمكن ارسال البرامج الملونة باستخدام محطات التلفزيون الاسود والابيض الموجودة ، كما يعنى انه لا يمكن استقبال البرامج الملونة بواسطة اجهزة التلفزيون الموجودة على شكل برامج سوداء وبيضاء . وهكذا ، فان نظامی التلفزيون الملون السابق وصفهما غير متآلفين مع النظام الموجود للتلفزيون الاسود والابيض .

ويعتبر نظام التلفزيون الملون متآلفا ، اذا ضمن :

١ ــ امكانية ارسال البرامج الملونة بواسطة محطات التلفزيون الاسود والابيض وخطوط الاتصالات العريضة النطاق (الكوابل ومنظومات الارحال اللاسلكى) الموجودة ؛

٢ ــ امكانية الاستقبال الجيد لبرامج التلفزيون الملون على شكل برامج سوداء وبيضاء بواسطة جميع طرازات اجهزة استقبال الاسود والابيض الموجودة.

٣ ــ امكانية استقبال البرامج السوداء والبيضاء بأجهزة التلفزيون الملون (كبرامج سوداء وبيضاء) .

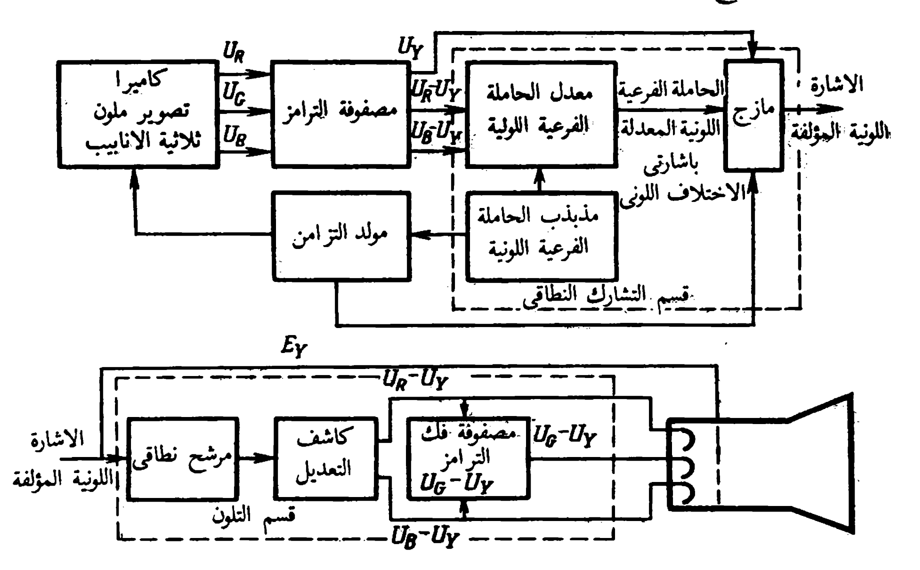
ولذلك ينبغى ان تكون بارامترات المسح (عدد الخطوط وتردد الاطار) وعرض طيف الاشارة الصورية فى نظام التلفزيون الملون المتآلف مماثلة لما يقابلها فى نظام التلفزيون الاسود والابيض الموجود ، وبما ان النظام التتابعى للتلفزيون الملون يتطلب مضاعفة تردد الاطار ثلاث مرات ، فليس بالامكان استخدامه لبناء نظام التلفزيون الملون المتآلف .

ولا يمكن بناء نظام التلفزيون الملون المتآلف الا على اساس النظام الآنى .

البند ١٤ ــ ٤ الانظمة المتآلفة العصرية للتلفزيون الملون

ان جهاز الارسال التلفزيونى فى منظومة التلفزيون الملون المتآلفة يشع الى الاثير اشارة التلفزيون الملون التى تتضمن ما تسمى اشارة النصوع (وهى تماثل اشارة التلفزيون الاسود والابيض) ومعلومات اضافية عن اللون ترسل ضمن

نفس النطاق (اشارتين تدعيان باشارتي التلون) . ويتمكن صاحب جهاز التلفزيون العادى الاسود والابيض من استقبال البرامج الملونة كبرامج سوداء وبيضاء ، لان الجهاز يستقبل المركبة النصوعية لاشارة التلفزيون الملون ولا يحس باشارتي التلون . ويستطيع صاحب جهاز التلفزيون الملون ان يستخدم جهازه لاستقبال برامج التلفزيون العادية السوداء والبيضاء .



الشكل ١٤ — ٥. رسم تخطيطى عام لمراحل المنظومة المتآلفة العصرية للتلفزيون الملون : محطة الارسال (الرسم العلوى) ومحطة الاستقبال (الرسم السفلى)

ويبين الشكل ١٤ — ٥ رسما عاما لمراحل منظومة متآلفة عصرية للتلفزيون الملون . وتقوم كاميرا التصوير التلفزيونى الملون الثلاثية الانابيب بتوليد ثلاث اشارات تحمل معلومات عما تحتويه الصورة المراد تلفزتها من الالوان الاساسية : الاحمر (R) والاخضر (G) والازرق (B) . وتسلط هذه الاشارات الثلاث U_R و U_G و U_B على وحدة تسمى مصفوفة الترامز (ماتريكس الكود) . ويتم فى هذه الوحدة تكوين الاشارة النصوعية (اى الاشارة الصورية السوداء والبيضاء العادية) U_Y واشارتي الاختلاف اللونى (فرق اللون) $U_R - U_Y$ و $U_B - U_Y$ وتوصل هاتان الاشارتان الى قسم التشارك النطاقى (ضمن نطاق واحد) الذى يحتوى على مرشحين لتمرير الترددات المنخفضة

ومذبذب لتوليد الموجة الحاملة الفرعية اللونية ومعدل (او معدلين) للموجة الحاملة الفرعية اللونية . وتسلط الموجة الحاملة الفرعية المعدلة باشارتي الاختلاف اللوني على مازج يتم فيه تكوين الاشارة اللونية المؤلفة التي تشتمل على اشارة النصوع U_Y والحاملة الفرعية اللونية المعدلة ونبضات التزامن .

وفي جهاز الاستقبال توصل اشارة النصوع U_Y الى الالكترودات الحاكمة للمدافع الثلاثة لأنبوب الصورة الملونة . وتسلط الاشارة اللونية المؤلفة في نفس الوقت على قسم التلون (وحدة فك الترامز) التي تشتمل على مرشح للتمرير النطاقي وكاشف للتعديل ومصفوفة لفك الترامز . وبعد الترشيح والكشف تستخلص اشارتا الاختلاف اللوني $U_R - U_Y$ و $U_B - U_Y$. وتقوم المصفوفة بتكوين اشارة الاختلاف اللوني $U_G - U_Y$. وتسلط اشارات الاختلاف اللوني الثلاث $U_R - U_Y$ و $U_B - U_Y$ و $U_G - U_Y$ على الكاثودات المناظرة لمدافع انبوب الصورة الملونة . وعلى هذا النحو ، تكون الفلطية المؤثرة على الشعاع الالكتروني لكل مدفع مساوية لمجموع فلطيتي اشارة النصوع واشارة الاختلاف اللوني ، اى تساوى الاشارة المناظرة من اشارات الصور الملونة الجزئية الثلاث U_R و U_G و U_B .

ويبلغ عدد انظمة التلفزيون الملون المتآلفة والمختلفة والمعروفة في الوقت الحاضر حوالى ٣٠ نظاما . ومن ضمن هذه الانظمة لم يجد تطبيقا عمليا الا نظامين فقط هما :

١ ــ النظام ذو التعديل التعامدي للحاملة الفرعية (النظام الامريكي NTSC وشكله المعدل PAL الذي تم ابتكاره في المانيا الغربية) ؛

٢ ــ النظام الآني التتابعي (النظام الفرنسي SECAM) .

ويختلف هذان النظامان بعضهما عن بعض بطرائق ارسال واستقبال اشارات الاختلاف اللوني (بتركيب ومبدأ عمل قسم التشارك النطاقي في محطة الارسال وقسم التلون في جهاز الاستقبال) .

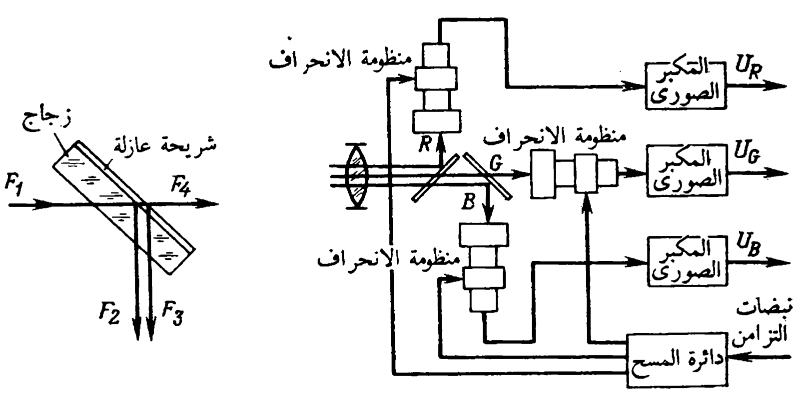
لنتأمل اولا تركيب الوحدات المشتركة لكلا النظامين : الكاميرا التلفزيونية الملونة ومصفوفة الترامز .

البند ١٤ – ٥ كاميرات التصوير التلفزيونى الملون المتعددة الانابيب

يبين الشكل ١٤ – ٦ رسما مبسطا لمراحل كاميرا التصوير الملون الثلاثية الانابيب . وتشتمل الكاميرا على المنظومة البصرية وثلاث مجموعات من انابيب التصوير وملفات الانحراف ومولدات المسح (او مولد واحد مشترك) والمكبرات المتقدمة للاشارات الصورية . وتتألف المنظومة البصرية من عدسة شيئية) او مجموعة عدسات مركبة على برج دوار) ومرآتين مجزئتين للالوان (ثنائيتى اللون) تجزئان الاشعة المنعكسة عن الشيء الذى تجرى تلفزته الى ثلاثة تدفقات ضيائية احادية اللون (احمر و ازرق واخضر) .

وتتكون المرآة ثنائية اللون من لوح زجاجى مصقول جيدا ، يغطى من احد جانبيه بشريحة شفافة من مادة عازلة (الشكل ١٤ – ٦ – ب) . وعند سقوط شعاع ابيض F_1 على اللوح الزجاجى ، يمر هذا الشعاع من وسط اكثر كسرا الى وسط اقل كسرا مرتين : اولا من الزجاج الى المادة العازلة ، وثانيا من المادة العازلة الى الهواء . وعندئذ ينعكس جزء من التدفق الضيائى انعكاسا داخليا (الشعاعان F_2 و F_3) . وتختلف العلاقة الطورية بين الشعاعين F_2 و F_3 باختلاف ثخانة الشريحة العازلة والطول الموجى للشعاع الضوئى .

لنفترض ان الشعاعين F_2 و F_3 يكونان متطاورين (بنفس الطور) من اجل اللون الاحمر . وفى هذه الحالة تنعكس كل الاشعة الحمراء عن المراة بزاوية قائمة منفصلة عن الجزء الباقى من التدفق الضيائى .



الشكل ١٤ – ٦. رسم تخطيطى مبسط للكاميرا التلفزيونية الملونة ثلاثية الانابيب ومبدأ عمل المرآة ثنائية اللون

وتتحدد خواص المراة الثنائية اللون بمعامل الانعكاس ρ والشفافية τ :

$$\rho = \frac{F_2 + F_3}{F_1}\,; \quad \tau = \frac{F_4}{F_1}\,; \quad \rho + \tau \approx 1$$

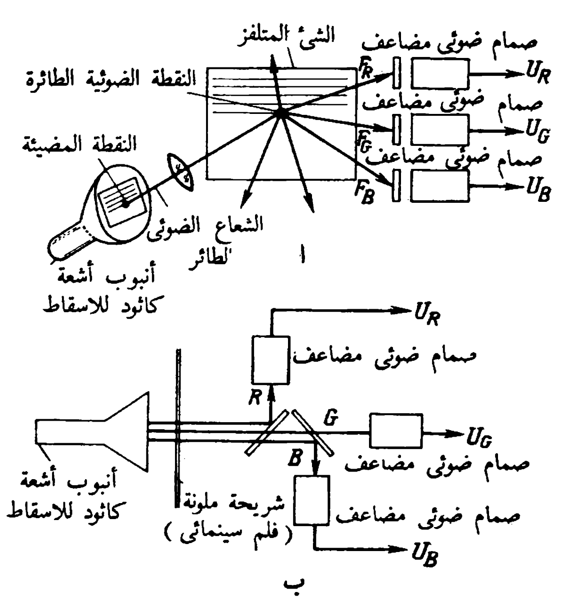
وتختار ثخانة الشريحة العازلة بحيث تكون المراة عاكسة لطول موجى معين وشفافة لطول موجى آخر . ويتم تحسين الانتقائية اللونية باستخدام مرايا مجزئة للالوان ذات غطاء عازل متعدد الطبقات . ويمكن باختيار مادة الشرائح وثخانتها ووضعها المتبادل الحصول على مرايا مجزئة للالوان ذات انتقائية عالية .

ويتوقف بيان الصورة الملونة التى تعطيها الكاميرا الثلاثية الانابيب على دقة تراكب الهياكل الخطية على الواح اهداف انابيب التصوير الثلاثة ، مما يعتبر مسالة صعبة جدا .

ولهذا السبب تستخدم الكاميرات الرباعية الانابيب التى يقوم فيها الانبوب الرابع بتوليد اشارة النصوع (وفى هذه الحالة يتحدد بيان الصورة النصوعية بالانبوب الرابع) .

البند ١٤ـ٦ كاميرا التصوير التلفزيونى الملون ذات النقطة الطائرة

ان كاميرا التصوير الملون الثلاثية الانابيب عبارة عن جهاز معقد وكثير التكاليف ويتطلب صيانة مؤهلة جدا . ولهذا السبب تستخدم احيانا كاميرات النقطة الطائرة (الشكل ١٤ ـ ٧) . وفي هذه الحالة يكون مصدر انارة الشيء المتلفز عبارة عن انبوب اشعة كاثود من انابيب الاسقاط التى تضيء بنصوع عال ومداومة قصيرة . وتقوم العدسة الشيئية باسقاط النقطة المضيئة الناتجة على شاشة انبوب اشعة الكاثود على الشيء المراد تلفزته . وتتحرك النقطة المضيئة المسقطة على الشيء المراد تلفزته بحيث تجوبه خطاً خطاً وتنير عناصره واحدا بعد الآخر على التعاقب ، اى تقوم بمسحه . وتسقط الاشعة المنعكسة عن الشيء الذي تجرى تلفزته على الكاثودات الضوئية لثلاثه سمامات ضوئية مضاعفة مغطاة بمرشحات ضوئية ثلاثة : احمر واخضر وازرق على التوالى . وتعطى هذه الصمامات الثلاثة الاشارات اللونية الثلاث U_R و U_G و U_B .



الشكل ١٤ – ٧. الكاميرا التلفزيونية الملونة ذات النقطة الطائرة : أ – تعمل بالانعكاس ؛ ب – تعمل بالانفاذ

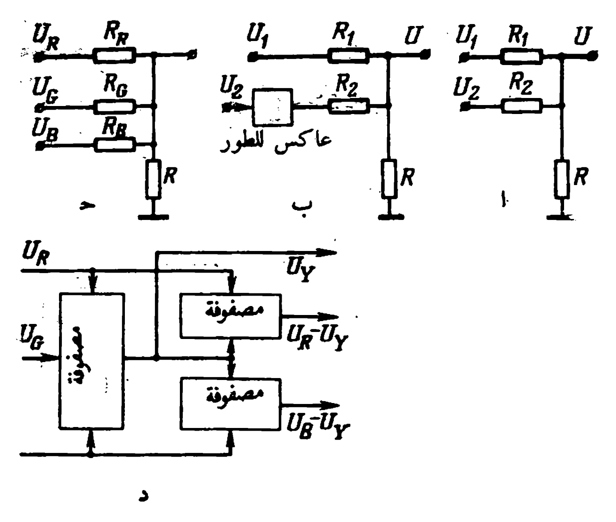
ومزايا هذه الطريقة هى انها بسيطة للغاية ولا تتطلب مرايا ثنائية اللوان وانابيب تصوير غالية الثمن (الشكل ١٤ – ٧ – أ) وتضمن قدرة تحليل عالية . اما عيوبها فهى ضرورة الارسال بدون اضاءة محيطة والتداخلات المتبادلة التى تحدث عندما تستخدم فى الاستوديو التلفزيونى كاميرتان او اكثر فى نفس الوقت .

والمجال الاساسى لاستخدام طريقة النقطة الطائره هو ارسال الافلام السينمائية والصور الثابتة الملونة .

وتستخدم لتلفزة الافلام والشرائح الملونة على نطاق واسع منظومة النقطة الطائرة التى تعمل بالانفاذ (الشكل ١٤ – ٧ – ب) . ويتم تجزىء الشعاع المتعدد الالوان الى ثلاثة اشعة احادية اللون بواسطة مرايا ثنائية اللون .

البند ١٤ – ٧ مصفوفات الترامز

يطلق اسم المصفوفة (ماتريكس) فى التلفزيون الملون على الدائرة الكهربائية الحاسبة التى تقوم باجراء عمليات الجمع والطرح الرياضى للفلطيات



الشكل ١٤ — ٨. مصفوفات الترامز (الدوائر الحاسبة) : أ — مصفوفة للجمع ؛ ب — مصفوفة تقوم بعملية الطرح ؛ جـ — مصفوفة للجمع تقوم بتكوين اشارة النصوع Y ؛ د — رسم تخطيطى لوحدة الترامز التى تقوم بتكوين اشارتى الاختلاف اللونى R – Y و B – Y واشارة النصوع Y

الكهربائية . ويبين الشكل ١٤ — ٨ — أ مصفوفة لجمع فلطيتين U_1 و U_2 . وتختار المقاومتان R_1 و R_2 اكبر كثيرا من R لكى يكون التأثير المتبادل بين اشارتى الدخل ضعيفا جدا . وعندئذ تكون فلطية الخرج التى تحدثها U_1 هى حاصل ضربها فى $\frac{R}{R_1}$ ، بينما تكون فلطية الخرج التى تحدثها U_2 هى حاصل ضربها فى $\frac{R}{R_2}$. وتكون فلطية الخرج المحصلة :

$$U = K_1U_1 + K_2U_2$$

حيث :

$$K_1 = \frac{R}{R_1}, \quad K_2 = \frac{R}{R_2}$$

وعلى هذا النحو ، يمكن جمع الفلطيات بالنسب اللازمة باختيار قيم المقاومات المكونة للمصفوفة .

وعندما يكون من الضرورى اجراء عملية الطرح تستخدم فى دائرة الاشارة اللازم طرحها مرحلة عاكسة للطور .

فمثلا ، فى حالة المصفوفة المبينة بالشكل ١٤ — ٧ — ب نجد :

$$U = K_1U_1 - K_2U_2$$

وتستخدم لتكوين اشارة النصوع U_Y دائرة مصفوفة ثلاثية المداخل (الشكل ١٤ ـ ٨ ـ ج) :

$$U_Y = K_R U_R + K_G U_G + K_B U_B$$

وينبغي اختيار قيم المعاملات K_R و K_G و K_B انطلاقا من خواص الابصار (حساسية العين غير المتساوية للاشعة ذات الاطوال الموجية المختلفة كما سبق ان بينا بالشكل ١ ـ ٢) .

ولقد اثبت تجريبيا ان ارسال نصوعات شتى عناصر الصورة المختلفة الالوان يكون طبيعيا اكثر ما يمكن عندما :

$$K_R = 0.30; \quad K_G = 0.59; \quad K_B = 0.11$$

وعندئذ تصبح معادلة اشارة النصوع على الشكل :

$$U_Y = 0.30\,U_R + 0.59\,U_G + 0.11\,U_B$$

وينبغي ان تكون الاشارات اللونية المسلطة على دخل المصفوفة (الاشارات الخارجة من المكبرات الصورية) متساوية المقادير ($U_R = U_G = U_B$) ، عندما تسقط على الكاثودات الضوئية لانابيب التصوير « صورة سوداء وبيضاء » .

البند ١٤ ـ ٨ الحد من عرض نطاق اشارة الاختلاف اللونى

من المعروف ان عين الانسان لا تميز جيدا الوان التفاصيل الدقيقة ، بل تراها كما لوكانت سوداء وبيضاء . واسوأ التفاصيل تبينا للابصار هى التفاصيل الزرقاء الدقيقة . ويمكن ان ندرك لدرجة افضل نوعا ما التفاصيل الحمراء الدقيقة . والاكثر تبينا هى التفاصيل الخضراء الدقيقة .

ويسمح ذلك بالحد من عرض طيف اشارات التلون المناظرة للاشعة الحمراء والزرقاء . وتستخدم من اجل ذلك مرشحات تمرير الترددات المنخفضة . وينبغى عدم وضع هذه المرشحات بعد خرج الكاميرا مباشرة لئلا تضيع المعلومات عن التفاصيل الدقيقة فى اشارة النصوع U_Y . وتوضع المرشحات عادة بعد المصفوفات المكونة لاشارات الاختلاف اللونى . ويبرز هنا السؤال التالى : الا يؤدى الحد من عرض نطاق اشارات الاختلاف اللونى الى انخفاض

بيان الصورة المتعددة الالوان ؟ ان هذا لا يحدث لأن اشارة النصوع تتكون من الاشارات اللونية ذات النطاق الترددى الكامل . وبذلك ترسل التفاصيل الملونة (الحمراء والزرقاء) الدقيقة كما لو كانت سوداء وبيضاء . ويجدر ان نذكر للمقارنة ان الطريقة المتبعة فى فن الطباعة الملونة هى طريقة طبع التفاصيل الكبيرة بالالوان الطبيعية وطبع التفاصيل الصغيرة بالاسود والابيض . وتسمح هذه الطريقة بالحصول على صورة عالية البيان طبيعية المظهر .

البند ١٤ ــ ٩ طريقة التعديل التعامدى

تتلخص هذه الطريقة فى جعل ذبذبات الحاملة الفرعية المسلطة على المعدلين الموجودين فى القناتين $B-Y$ و $R-Y$ متزاحة بقدر ٩٠° ، اى « متعامدة » . وتجمع الفلطيان الخارجتان من المعدلين $B-Y$ و $R-Y$ لتكوين ما تسمى اشارة التلون .

وتتألف الاشارة الملونة الكاملة فى انظمة التعديل التعامدى من اشارة النصوع واشارة التلون . وتشغل اشارة النصوع كل النطاق الترددى المخصص للتلفزيون الاسود والابيض . اما اشارة التلون ، فهى تشغل نطاقا اضيق وترسل داخل طيف اشارة النصوع .

ويمكن ارسال اشارتين (اشارة النصوع واشارة التلون) فى آن واحد وضمن نطاق واحد بطريقة التشابك الترددى او تشابك الاطياف (راجع البند ٧ ــ ٦) .

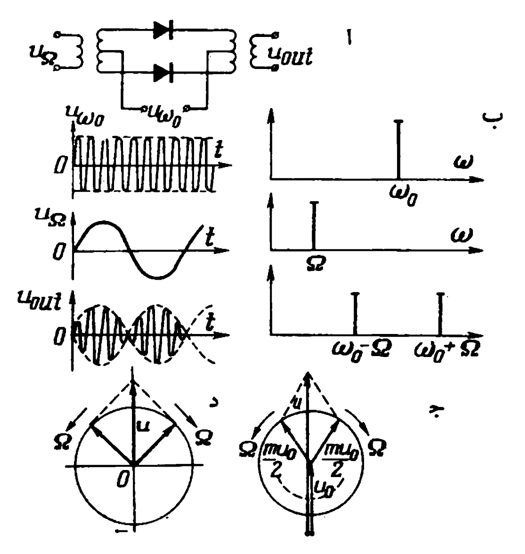
ويتم أستخلاص اشارتى الاختلاف اللونى $B-Y$ و $R-Y$ من الاشارة الملونة الكاملة فى اجهزة استقبال انظمة التعديل التعامدى بواسطة الكواشف المتزامنة .

لنتأمل عمل المعدل التعامدى ومبدأ اختيار تردد الحاملة الفرعية .

ان طريقة التعديل التعامدى كانت قد ابتكرت للاتصالات اللاسلكية والاذاعة اللاسلكية (الراديو) من قبل العلماء السوفييتيين بيستولكورس وموموت وسيفوروف فى اعوام ١٩٣٥ ــ ١٩٤١ . ويتألف المعدل التعامدى من

معدلين متوازنين تسلط عليهما الموجة الحاملة الفرعية بانزياح فى الطور قدره °٩٠ (اى بتعامد) .

ويبين الشكل ١٤ ـ ٩ ـ أ دائرة مبسطة لمعدل متوازن يعمل بثنائيين . وعند غياب اشارة التعديل تكون الدائرة متوازنة وتكون فلطية الخرج صفرا . وعند تسليط اشارة التعديل يختل توازن الدائرة ، فتظهر فى خارجها موجة

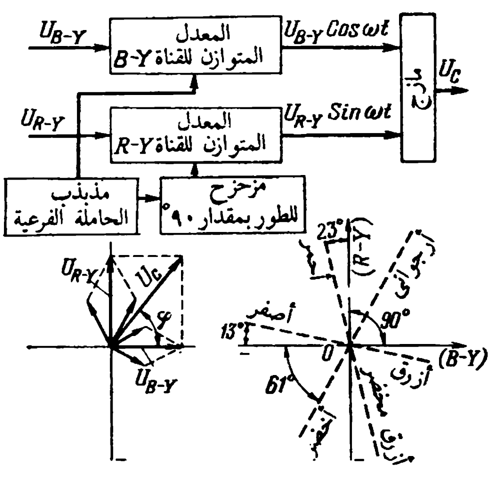


الشكل ١٤ ـ ٩. دائرة مبسطة للمعدل المتوازن ذات ثنائيين : أ ـ رسم للدائرة ؛ ب ـ الاشكال الموجية للفلطيات وأطيافها ؛ جـ و د ـ رسمان للمتجهات

معدلة لا يتضمن طيفها الا الترددات الجانبية (النطاقين الجانبيين طالما ان نفس الحاملة الفرعية تكون مكبوتة .

وينبغى الانتباه الى ان شكل غلاف الموجة الخارجة من المعدل المتوازن لا يناظر شكل اشارة التعديل (الشكل ١٤ ـ ٩ ـ ب) . ولذا ، فان كشف تعديل مثل تلك الاشارة لا يمكن ان يتم بواسطة الكواشف العادية ، بل يستلزم استخدام دوائر خاصة تستعاد فيها الموجة الحاملة .

ومن اجل فهم ما سنورده فيما بعد ينبغى تذكر كيفية تمثيل الفلطية المعدلة من حيث الاتساع بمتجهات (الشكل ١٤ ـ ٩ ـ جـ) . فالقيمة اللحظية للفلطية المعدلة من حيث الاتساع تساوى المجموع الهندسى لفلطية



الشكل ١٤ — ١٠ . رسم تخطيطي مبسط لمراحل تكوين اشارة التلون (أ) ، رسم للمتجهات (ب) ورسم بياني للالوان (ج)

الحاملة U_0 والمركبتين الجانبيتين $\frac{mU_0}{2}$ اللتين تدوران باتجاهين مختلفين بتردد زاوى Ω . وفي حالة التعديل المتوازن تكون الحاملة مكبوتة . وعند مرور المتجه المحصل بالقيمة الصفرية يغير طوره بقدر ١٨٠° ويبقى دائما على نفس المحور (الشكل ١٤ — ٩ — د) . وتكون الاشارتان $R-Y$ و $B-Y$ في خرج المعدلين المتوازنين (الشكل ١٤ — ١٠ — أ) متزاحتين بقدر ٩٠° . وبنتيجة جمع هاتين الاشارتين تظهر في خرج المازج اشارة التلون المحصلة U_c التي تحمل معلومات عن تلون (او لونية) الصورة الجارية تلفزتها . ويمكن ان تكون الاشارتان $R-Y$ و $B-Y$ موجبتين او سالبتين تبعا لمحتوى الصورة الملونة ، ويمكن ان يقع المتجه المحصل U_c في اى ربع من ارباع الدائرة . ويمثل طول المتجه U_c (مقداره) تشبع اللون ، بينما تمثل زاوية طوره φ نقبة اللون . وسنوضح ذلك بمثال :

لنفترض ان عناصر الصورة التي يجرى مسحها في لحظة ما حمراء اللون . وعندئذ تكون الاشارتان U_G و U_B مساويتين للصفر . ونظرا لأن $U_Y = 0.59\,U_G + 0.30U_R + 0.11U_B$ ، فان اشارة النصوع $U_Y = 0.30U_R$ واشارتي الاختلاف

اللونى $U_{R-Y} = 0.70\,U_R$ و $U_{B-Y} = -0.30\,U_R$. ويكون متجه اشارة التلون المحصلة مساويا للمجموع الهندسى لمتجهى اشارتى الاختلاف اللونى :

$$U_C = \sqrt{U_{R-Y}^2 + U_{B-Y}^2} = U_R\sqrt{0.7^2 + 0.3^2} = 0.76\,U_R$$

وتكون زاوية الطور :

$$\varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{U_{R-Y}}{U_{B-Y}}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{0.7\,U_R}{-0.3\,U_R}\right) \approx 113^\circ$$

وبهذه الطريقة يمكن حساب با امترات متجه اشارة التلون لأى لون ، بحيث يمكن انشاء الرسم البيانى اللونى بالاحداثيات القطبية (الشكل ١٤ — ١٠ — ج) .

وعند ارسال الصور الملونة يتغير طول متجه اشارة التلون U_c تبعا لتشبع الالوان الجارى ارسالها ، كما يتغير وضع المتجه تبعا للنقبة ، اى ان الموجة الحاملة الفرعية تعدل فى حالة التعديل التعامدى من حيث الاتساع والطور .

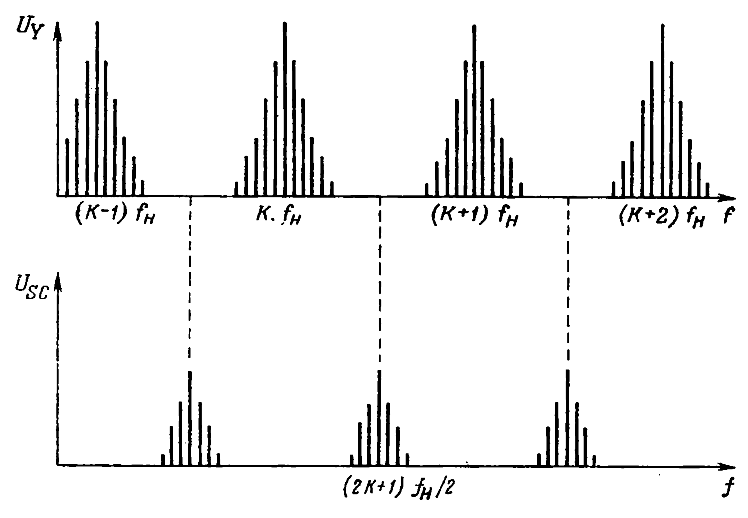
وتمزج اشارة التلون المحصلة U_c مع الاشارة الصورية المؤلفة ، ويقوم جهاز الارسال التلفزيونى الملون بارسالهما لاسلكيا الى اجهزة استقبال التلفزيون الملون .

وكما سبق ان ذكرنا ، يتم تقاسم النطاق من قبل الاشارة النصوعية واشارة التلون فى انظمة التعديل التعامدى بطريقة التشابك الترددي ، اى ان المركبات الترددية لاشارة التلون توضع فى الحيزات الشاغرة الموجودة فى طيف اشارة النصوع (الشكل ١٤ — ١١) . ومن الواضح ان ذلك يستلزم انزياح توافقيات التردد الافقى الموجودة فى اشارة التلون بالنسبة الى توافقيات التردد الافقى الموجودة فى الاشارة النصوعية بقدر نصف التردد الافقى . ولذلك ينبغى ان يكون تردد الحاملة الفرعية f_{SC} مساويا لتوافق فردى لنصف تردد المسح الافقى f_H:

$$f_{SC} = (2K + 1)\,\frac{f_H}{2}$$

حيث K عدد صحيح .

وعند اختيار تردد الحاملة الفرعية بهذه الطريقة يتحقق ما يسمى مبدأ التزامن الترددى .

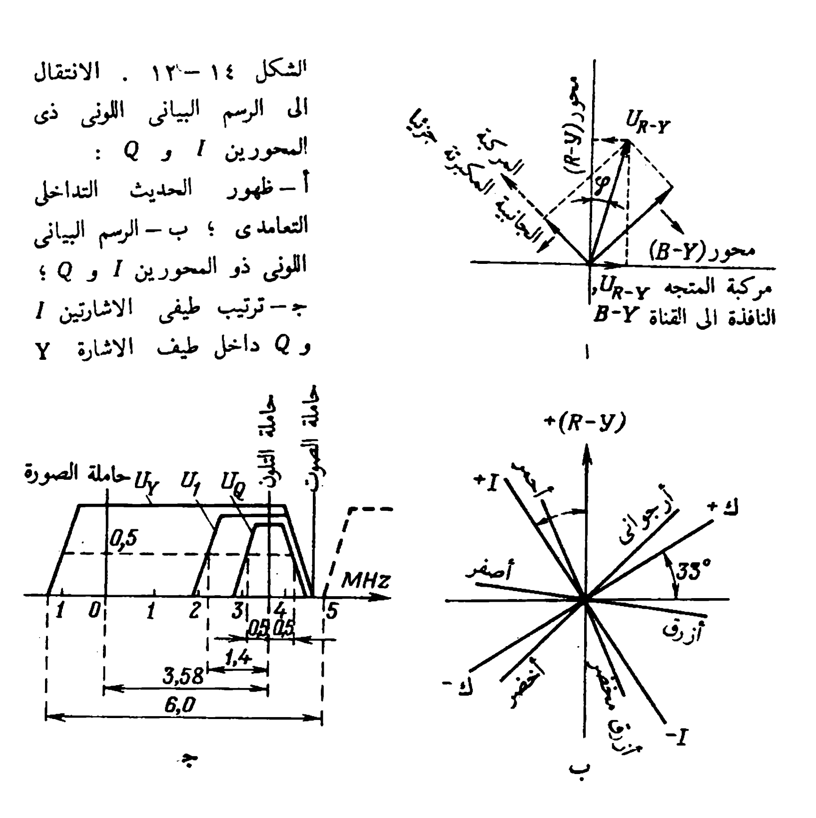


الشكل ١٤ – ١١ . « تشابك » طيفى اشارة النصوع (اعلى) واشارة التلون (اسفل)

ويضمن هذا المبدأ اضعاف تأثير الحاملة الفرعية لاشارة التلون على جودة الصورة التى يعاد انتاجها على شاشات اجهزة التلفزيون الاسود والابيض فى حالة استقبال البرامج الملونة .

وينجم ذلك عن ان عدم التماثل الموجود حتما فى المعدلات المتوازنة يتسبب فى عدم كبت الحاملة الفرعية تماما . وعند تعديل تيار شعاع انبوب الصورة بفلطية الحاملة الفرعية التى يقع ترددها داخل طيف الاشارة النصوعية تظهر على كل خط من خطوط المسح نقط ناصعة وقاتمة متعاقبة . وفى حالة انزياح تردد الحاملة الفرعية بالنسبة الى تردد المسح الافقى فى انبوب الصورة يظهر نمط من نقط ناصعة وقاتمة على شكل شطرنج . وطالما ان عدد خطوط المسح فى كل اطار فى حالة المسح المتشابك هو عدد فردى ، فان طور الحاملة الفرعية يتغير من اطار الى أطار بقدر ١٨٠° . وعندئذ تستبدل النقط الناصعة فى كل اطار بنقط قاتمة فى الاطار التالى والعكس بالعكس .

وبنتيجة قصور (مداومة) الابصار لا تحس العين الا بالقيم المتوسطة لنصوعات تلك النقط فى الاطارات المتعاقبة ، ومن ثم يتم اوتوماتيا الغاء تأثير الموجة الحاملة الفرعية . ولكن عدم خطية المنحنى التحويلى لأنبوب الصورة (عدم تساوى اتساعات تغيرات تيار الشعاع الناتجة عن الانصاف



الشكل ١٤ — ١٢ . الانتقال الى الرسم البيانى اللونى ذى المحورين I و Q : أ — ظهور الحديث التداخلى التعامدى ؛ ب — الرسم البيانى اللونى ذو المحورين I و Q ؛ جـ — ترتيب طيفى الاشارتين I و Q داخل طيف الاشارة Y

الموجبة والسالبة لذبذبات الحاملة الفرعية) يتسبب فى عدم الالغاء التام لتاثير الحاملة الفرعية ، فتظهر على شاشة أنبوب الصورة « شبكة » مميزة . وتقل ملحوظية هذه الشبكة كلما كان بنيانها ادق ، اى كلما كان تردد الحاملة الفرعية اعلى . وهكذا ، فمن اجل تحسين التآلف مع التلفزيون الاسود والابيض ، ينبغى ان يكون تردد الحاملة الفرعية اعلى ما يمكن .

ولكن رفع تردد الحاملة الفرعية يستلزم الحد من عرض نطاق اشارة التلون ، مما يسىء الى جودة الصورة الملونة . اضف الى ذلك ان من غير المسموح به اخذ تردد الحاملة الفرعية قريبا جدا الى تردد حاملة الصوت المصاحب لئلا يظهر تضارب بين هذين الترددين . وبقدر ما يكون الفرق بين ترددى حاملتى الصوت والصورة اكبر ، يكون بالامكان اختيار قيمة اعلى لتردد الحاملة الفرعية ، ومن ثم يكون التآلف احسن .

ويختار تردد الحاملة الفرعية بحل وسط يراعى متطلبات التآلف وجودة الصورة الملونة .

ويتوقف الاختيار الدقيق لتردد الحاملة الفرعية على بارامترات المسح والفرق الترددى بين حاملتى الصورة والصوت .

واذا كانت القيمة المختارة لتردد الحاملة الفرعية عالية لدرجة يحدث عندها كبت جزئى للترددات الجانبية العلوية لاشارتى الاختلاف اللونى $R-Y$ و $B-Y$ (الشكل ١٤ — ١٢ — أ) ، فان المتجهين U_{R-Y} و U_{B-Y} يدوران ويصبحان غير متعامدين . وفى هذه الحالة نجد ان الاشارة $R-Y$ ستكون ذات مركبة منزاحة بقدر °٩٠ تنفذ بعد الكشف المتزامن فى جهاز الاستقبال الى القناة $B-Y$، وكذلك تنفذ المركبة التعامدية للاشارة $B-Y$ الى القناة $R-Y$. وهكذا ينشأ ما يسمى « الحديث التداخلى » التعامدى او التشوهات التخالطية التعامدية .

ولقد بينت التجارب انه يمكن اضعاف الحديث التداخلى التعامدى بالكبت الجزئى للنطاق الجانبى العلوى لاحدى اشارتى الاختلاف اللونى فقط . ولكن ذلك يستلزم ان تكون اشارتا الاختلاف اللونى « مختلفتى النطاق » . ولهذا السبب استبدلت الاشارتان $R-Y$ و $B-Y$ عند وضع نظام التلفزيون الملون الامريكى NTSC باشارتى الاختلاف اللونى I و Q :

$$U_I = 0.74\,(U_R - U_Y) - 0.27\,(U_B - U_Y),$$
$$U_Q = 0.48\,(U_R - U_Y) - 0.41\,(U_B - U_Y).$$

ويعنى استخدام الاشارتين I و Q ادارة محورى الرسم البيانى للالوان بقدر °٣٣ (الشكل ١٤ — ١٢ — ب) . وبذلك يكون محور الاشارة مناظرا للالوان الزرقاء المخضرة والبرتقالية ، بينما يكون محور Q مناظرا للالوان الصفراء المخضرة الارجوانية .

وقد تم اختيار المحورين الجديدين بناء على خواص الابصار . فكما بينت التجارب ، عند تناقص مقاسات تفاصيل الصورة تختفى الوان التفاصيل الدقيقة تدريجيا (وتصبح رمادية ؛ وتختفى اولا الالوان الزرقاء ثم الصفراء فالحمراء واخيرا الزرقاء المخضرة) .

وترسل الاشارة Q فى نظام التلفزيون الملون الامريكى NTSC بنطاقين جانبيين عرض كل منهما ٠,٦ ميجاهرتز ، بينما ترسل الاشارة I بنطاق جانبى سفلى عرضه ١,٣ ميجاهرتز ونطاق علوى مكبوت جزئيا (الشكل ١٤ — ١٢ — ج) . ويضمن النطاق الاعرض للاشارة I ارسال التفاصيل الدقيقة ذات النبقات الزرقاء المخضرة والبرتقالية التى تحافظ على الوانها لدى مقاسات اصغر .

ولقد سمح استخدام الاشارتين I و Q باختيار تردد اعلى للحاملة الفرعية قيمته ٣,٥٨ ميجاهرتز .

ولكن استخدام الاشارتين I و Q (بدلا من $B-Y$ و $R-Y$) يستلزم تعقيد الاجهزة نوعا ما .

وعند استعمال منظومات التعديل التعامدى فى البلدان ذات القياسيات الاخرى (البلدان التى يكون فيها الفرق بين ترددى حاملتى الصورة والصوت اكبر) يكون استخدام الاشارتين I و Q غير الزامى .

البند ١٤ — ١٠ نظام التلفزيون الملون المتآلف NTSC

ان نظام NTSC (نظام الهيئة القومية للانظمة التلفزيونية) * الذى تم وضعه فى الولايات المتحدة الامريكية يستخدم فى الولايات المتحدة الامريكية وكندا واليابان منذ امد بعيد . ونظام NTSC هو اول نظام متآلف للتلفزيون الملون وجد تطبيقا عمليا واسع النطاق .

ولقد استخدمت بعض المبادىء الاساسية لهذا النظام كأساس من الاسس التى بنيت عليها فيما بعد الانظمة المتآلفة الاخرى للتلفزيون الملون .

والميزة الرئيسية لنظام NTSC هى ان اشارتى الاختلاف اللونى $B-Y$ و $R-Y$ ترسلان فى ان واحد على حاملة فرعية واحدة بطريقة التعديل التعامدى.

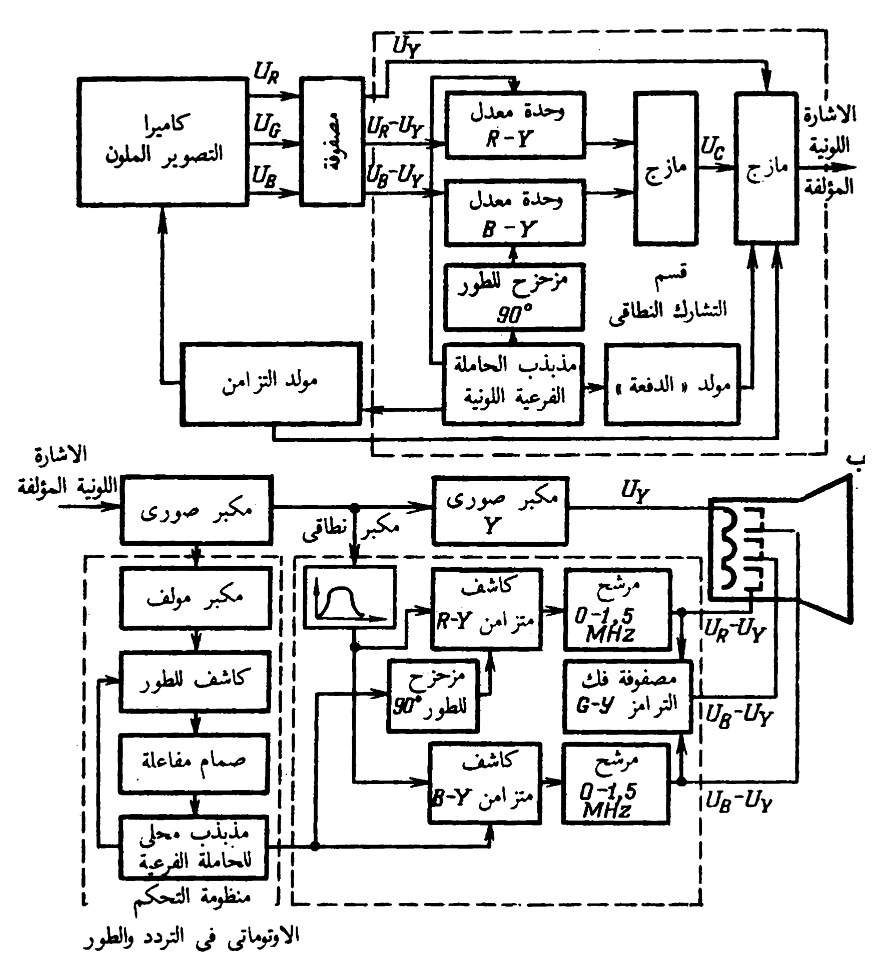
ويبين الشكل ١٤ — ١٣ رسما تخطيطيا مبسطا لمراحل الطرف المرسل وجهاز الاستقبال الملون لمنظومة NTSC . ويشمل الطرف المرسل (الشكل ١٤ — ١٣ — أ) اضافة الى المعدل التعامدى وقسم تقاسم النطاق ما يسمى مذبذب

* National Television System Commitee

« الدفعة » الذى يضمن المزامنة الدقيقة لمذبذب الحاملة الفرعية فى جهاز الاستقبال .

ويتميز جهاز استقبال NTSC عن الجهاز العادى الاسود والابيض بوجود قسم التلون ووحدة تقارب اشعة انبوب الصورة الثلاثى الالوان .

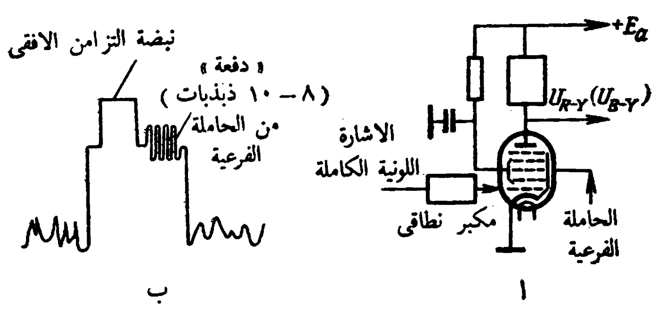
ويشتمل قسم التلون فى جهاز استقبال NTSC على العناصر التالية : كاشفين متزامنين لاستخلاص اشارتى الاختلاف اللونى من الاشارة الملونة



الشكل ١٤ – ١٣ – رسم تخطيطى مبسط لمراحل منظومة التلفزيون الملون NTSC :
أ – الطرف المرسل ؛ ب – الطرف المستقبل

الكاملة ومذبذب الحاملة الفرعية ومنظومة التحكم الاوتوماتى فى التردد ومصفوفة تكوين الاشارة $G-Y$.

ويمكن تصميم الكاشف المتزامن باستخدام صمام متعدد الشبكات كما فى الشكل ١٤ — ١٤ — أ . وتسلط الاشارة الملونة الكاملة على الشبكة الحاكمة، بينما تسلط فلطية المذبذب المحلى للحاملة الفرعية U_{sc} على الشبكة الكابتة .



الشكل ١٤ — ١٤ . دائرة مبسطة للكاشف المتزامن (أ) وشكل الاشارة المزامنة (ب)

لنفترض ان الانصاف الموجبة لذبذبات فلطية المذبذب المحلى تقوم بدفع الصمام قليلا الى حالة التوصيل . وعندئذ يتحدد خرج الكاشف بالفرق بين طورى الذبذبات الحاملة للاشارة الجارى كشفها وفلطية المذبذب المحلى : ففى حالة تطابق الطورين يكون الخرج اعظيما ، وفى حالة اختلاف الطورين بمقدار ٩٠° يكون الخرج صفرا ، اذ ان اللحظة التى يكون فيها الصمام فى حالة التوصيل تناظر مرور الاشارة الجارى كشفها بالقيمة الصفرية .

ويبين التحليل الرياضى ان اتساع اشارة الخرج يتناسب مع جيب تمام الفرق بين طوري الاشارة الجاري كشفها وفلطية المذبذب المحلى .

وعلى هذا النحو ، يتميز الكاشف المتزامن بانتقائية طورية ، فيمكن استخدامه لفصل المركبتين المتزاحتين بقدار ٩٠° . ولهذا الغرض تسلط فلطية المذبذب المحلى على الكاشفين المتزامنين فى جهاز استقبال NTSC بانزياح فى الطور قدره ٩٠° .

ويوضع قبل الكاشفين مرشح نطاقى يقوم باقتطاع النطاق الترددى الذى يحمل المعلومات اللونية من طيف الاشارة الملونة الكاملة . ولكى يعمل الكاشفان باستقرار وبدون تشويه للالوان ينبغى ان تتم مزامنة المذبذب المحلى بدقة

لا من حيث التردد فحسب ، بل من حيث الطور ايضا . ولهذا الغرض تضاف الى الاشارة اللونية المؤلفة لنظام NTSC فى فترة الرواق الخلفى لكل من نبضات الاطفاء الافقى سلسلة من ذبذبات الحاملة الفرعية تسمى « دفعة » الحاملة الفرعية (الشكل ١٤ — ١٤ — ب) .

وتشتمل وحدة التحكم الاوتوماتى فى تردد وطور جهاز تلفزيون NTSC على مكبر مولف لفصل « دفعة » الحاملة الفرعية وكاشف للطور وصمام مفاعلة (الشكل ١٤ — ١٣ — ب) .

وفى لحظة وصول « دفعة » الحاملة الفرعية يقارن طورها مع طور فلطية المذبذب المحلى ، وفى حالة اختلاف الطورين تنتج اشارة الخطأ التى تسلط على صمام المفاعلة . وتقوم هذه الاشارة بضبط توليف المذبذب المحلى حسب قطبيتها ومقدارها .

ويتم تكوين الاشارات اللونية U_R و U_G و U_B باستخدام نبس انبوب الصورة الثلاثى المدافع كمصفوفة ؛ وتسلط اشارة النصوع على الكاثودات ، بينما تسلط اشارات الاختلاف اللونى الثلاث على الكترودات التحكم .

خصوصيات نظام NTSC : ان نظام NTSC فى حالة الضبط السليم لأجهزة الارسال والاستقبال يضمن جودة عالية للصورة الملونة وتآلفا جيدا مع التلفزيون الاسود والابيض ، كما يتميز بحصانة عالية ضد الضوضاء . ولكن ، بما ان نظام NTSC يستخدم تعديل الحاملة الفرعية باشارة التلون من حيث الاتساع والطور ، ينجم عن اي اختلال فى طور الاشارة الجارى ارسالها ان تتشوه نقبة الصورة المتلفزة . وتكون تشوهات النقبة ملحوظة عند انزياح الطور بمقدار يزيد عن °٥ .

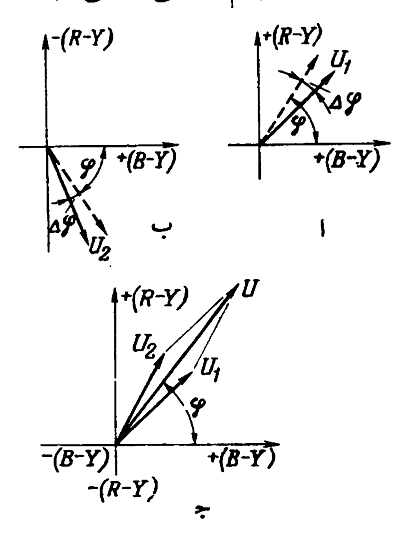
ولذلك يوجه نظام NTSC متطلبات صارمة جدا للمنحنيات المميزة لعلاقة الطور والتردد فى جميع عناصر المنظومة التلفزيونية .

البند ١٤ — ١١ نظام التلفزيون الملون المتآلف PAL

ان نظام PAL (النظام ذا التبديل الدورى لطور خط للمسح Phase Alternation Line) عبارة عن شكل معدل للنظام ذى التعديل التعامدى

للحاملة الفرعية . وقد وضع هذا النظام فى اعوام ١٩٦٢ — ١٩٦٦ من قبل الشركة الالمانية الغربية تلفونكن بقياده بروخ .

والاختلاف الرئيسى لنظام PAL عن نظام NTSC هو انه يتم فى جهاز الارسال تغيير طور احدى اشارتى الاختلاف اللونى من خط الى خط بمقدار ١٨٠° . ويؤدى انعكاس طور الحاملة الفرعية للاشارة $R-Y$ الى انعكاس مرآوى لمحورى الرسم البيانى اللونى (بالنسبة الى محور الاشارة $B-Y$) .



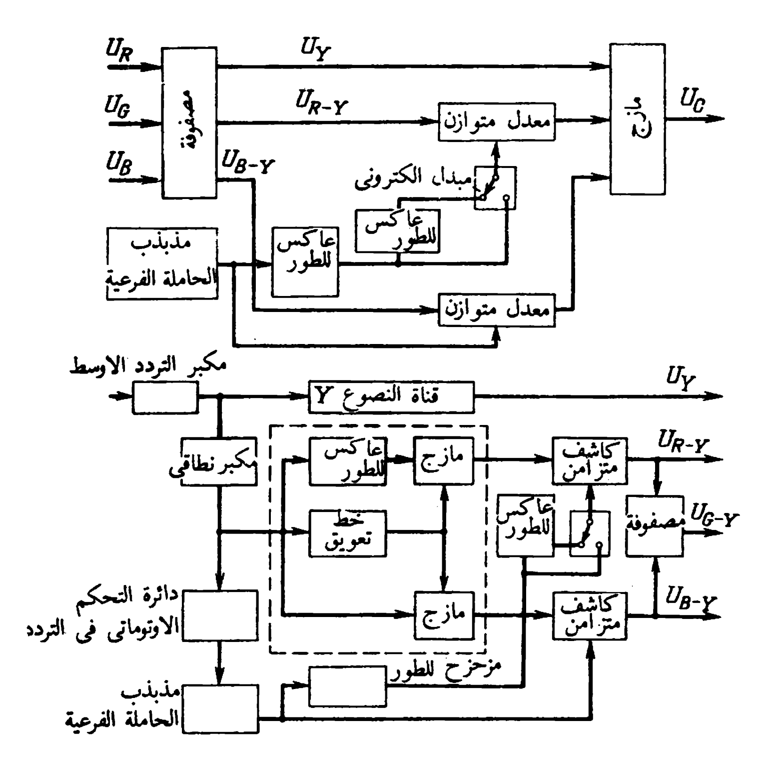
الشكل ١٤ — ١٥ . تعويض تشوهات الطور فى منظومة PAL عند ارسال عناصر الصورة ذات اللون الارجوانى

ويبين الشكل ١٤ — ١٥ الرسم البيانى اللونى عند ارسال عناصر الصورة ذات اللون الارجوانى .

لنفترض ان عدم انتظام الاستجابة الطورية لقناة الارسال قد ادى الى تخلف متجه التلون U بزاوية $\Delta\varphi$ (الشكل ١٤ — ١٥ — أ) . ويترتب على ذلك حتما ان يصبح لون العنصر المتلفز على شاشة جهاز التلفزيون الملون اكثر زرقة . ولكن تخلف متجه التلون عند ارسال خط المسح التالى (الشكل ١٤ — ١٥ — ب) يتسبب فى احمرار لون العنصر المتلفز .

وفى جهاز التلفزيون الملون لنظام PAL يتم تعويق الاشارة المناظرة للخط الاول مدة مساوية لامد الخط (٦٤ ميكروثانية) . ويستعاد طور الحاملة الفرعية بواسطة عاكس للطور ثم تجمع الاشارتان (الشكل ١٤ — ١٥ — ج) . وبنتيجة ذلك يتم الغاء (تعويض) انزياحات الطور .

ولكن طول المتجه المحصل U يتغير عند ظهور انزياحات الطور ، وبذلك يتشوه حتما التشبع اللونى للصورة المتلفزة ، فلا يتم الغاء تشوهات اللون كلية .



الشكل ١٤ — ١٦ . رسم تخطيطى مبسط لمراحل منظومة PAL : أ — وحدة الترامز ؛ ب — وحدة فك الترامز

ويبين الشكل ١٤ — ١٦ رسمين مبسطين لمراحل وحدتى الترامز وفك الترامز فى منظومة PAL .

وتجدر الاشارة الى انه توجد طرائق عديدة لتصميم دوائر فك الترامز فى منظومة PAL .

البند ١٤ — ١٢ نظام التلفزيون الملون المتآلف SECAM

ان نظام SECAM مبنى على اساس مبدأ الارسال التتابعى لاشارتى الاختلاف اللونى $B-Y$ و $R-Y$. وكان قد تقدم بهذا المبدأ المخترع الفرنسى هنرى دي فرانس فى عام ١٩٥٨ .

والتسمية SECAM هى اختصار للعبارة الفرنسية Sequentiel Couleur a Memoire التى تعنى « تتابعى الالوان ذو ذاكرة » . ونظام SECAM عبارة عن

نظام آنى تتابعى لان تحويل الصورة الملونة الى الاشارات الابتدائية الثلاث R و G و B يجرى فى آن واحد ، بينما يتم ارسال اشارتى الاختلاف اللونى بخط الاتصال على التتابع . وترسل الاشارة النصوعية فى نظام SECAM باستمرار ، بينما ترسل اشارتا الاختلاف اللونى على خطين متناوبين يتم خلال احدهما ارسال الاشارة $B-Y$ ويتم خلال الآخر ارسال الاشارة $R-Y$.

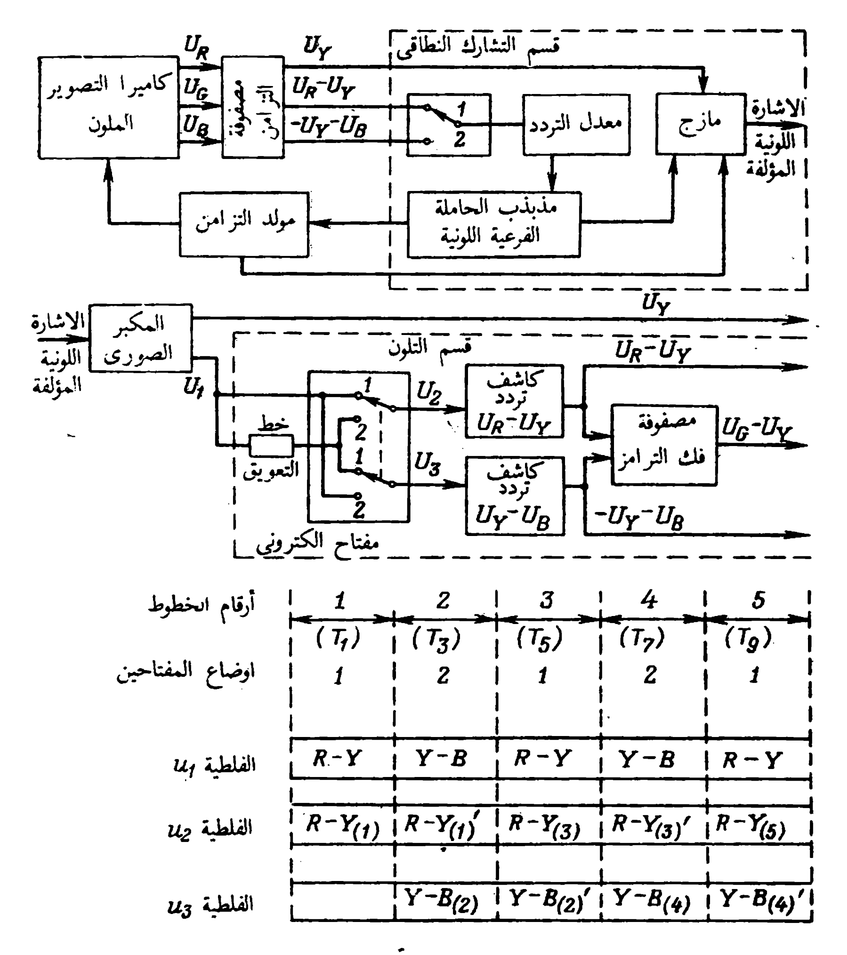
ولكى يعاد انتاج الصورة الملونة فى جهاز الاستقبال ينبغى ان تتواجد الاشارات الثلاث (الاشارة النصوعية واشارتا الاختلاف اللونى $B-Y$ و $R-Y$) فى آن واحد . ولذلك يستخدم فى جهاز استقبال SECAM خط تعويق (ذاكرة) يؤخر لمدة خط واحد (٦٤ ميكروثانية) ومفتاح مبدل الكترونى ذو قناتين (يعمل بنفس سرعة وطور المفتاح المبدل المستخدم فى الطرف المرسل) ، وهما يضمنان بالذات تواجد اشارتى الاختلاف اللونى $B-Y$ و $R-Y$ فى جهاز الاستقبال فى كل لحظة .

ويتم ارسال اشارتى الاختلاف اللونى $B-Y$ و $R-Y$ داخل طيف الاشارة النصوعية .

ويتميز نظام SECAM عن نظامى NTSC و PAL ايضا بعدم استخدام التعديل التعامدى للحاملة الفرعية الذى يجعل منظومة التلفزيون الملون حساسة جدا لتشوهات الطور . ومن عيوب نظام SECAM بالمقارنة مع نظامى NTSC و PAL فقد البيان الرأسى للالوان نوعا ما (لأن اشارتى الاختلاف اللونى لا ترسلان دائما بل على خطوط متناوبة) ، وكذلك نقصان الحصانة ضد الضوضاء .

وسنتعرض لنظام SECAM بمزيد من التفصيل .

١) رسم مبسط لمراحل منظومة SECAM : كما يبين الشكل ١٤ — ١٧ — أ ، يوصل الى دخل معدل التردد على التناوب ، بتردد المسح الافقى ، خرجا مصفوفة الترامز $U_R - U_Y$ و $U_B - U_Y$. وعلى هذا النحو ، تصل الى قناة الارسال معلومات عن اللون الجاري ارساله من نصف عدد خطوط المسح فقط : فمثلا تصل من الخطوط 1 ، 5 ، 9 اشارة الاختلاف اللونى $R-Y$



الشكل ١٤ — ١٧. رسم تخطيطى مبسط لمراحل منظومة SECAM : الطرف المرسل (فى الاعلى) ؛ الطرف المستقبل (فى الوسط) ؛ تتابع الخطوط اللونية وعمل وحدة الذاكرة (فى الاسفل)

فقط ، وتصل من الخطوط 3 ، 7 ، 11 الاشارة $Y - B$ فقط (الشكل ١٤ — ١٧ — ج) .

ورغم ذلك لا ينخفض البيان النصوعى للصورة المتلفزة ، لانه يتحدد بالاشارة النصوعية Y التى يستخدم عند تكوينها العدد الكامل لخطوط المسح .

وفى جهاز الاستقبال (الشكل ١٤ — ١٧ — ب) يضمن خط التعويق والمبدل الالكترونى تواجد اشارتى الاختلاف اللونى $R - Y$ و $B - Y$

باستمرار وفى آن واحد ، لأن كلا منهما تصل الى الكاشف المناظر فى كل لحظة اما مباشرة او عن طريق خط التعويق .

ويتم تكوين اشارة الاختلاف اللونى $G-Y$ بواسطة مصفوفة فلك الترامز .

ومن الضروري ان يعمل المفتاحان الالكترونيان فى الطرفين المرسل والمستقبل بنفس السرعة وبنفس الطور * ، اى ان الوضع 1 للمفتاح K_1 ينبغي ان يناظر الوضع 1 للمفتاح K_2 ايضا . وفى هذه الحالة تصل الى دخل كاشف التردد $R-Y$ دائما اشارة الاختلاف اللونى $R-Y$ فقط ، كما تصل الى دخل الكاشف $B-Y$ الاشارة $B-Y$ فقط .

هذا وان الرسم التخطيطى المبين بالشكل ١٤ — ١٧ مبسط جدا ويستعان به فقط لتسهيل فهم مبدأ عمل منظومة SECAM .

ويحتوى الرسم التخطيطى الحقيقى لمنظومة SECAM على عدة عناصر غير مبينة بالشكل ١٤ — ١٧ وهى بالذات :

١ـ منظومة التزامن اللونى التى تضمن العمل المتزامن للمفاتيح الالكترونية ؛

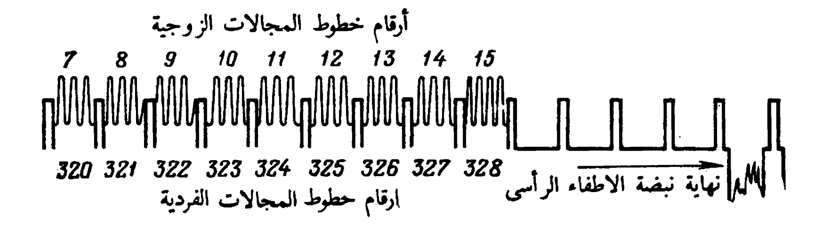
٢ — دوائر توليد النبضات الحافزة التى تتحكم فى المفاتيح الالكترونية ؛

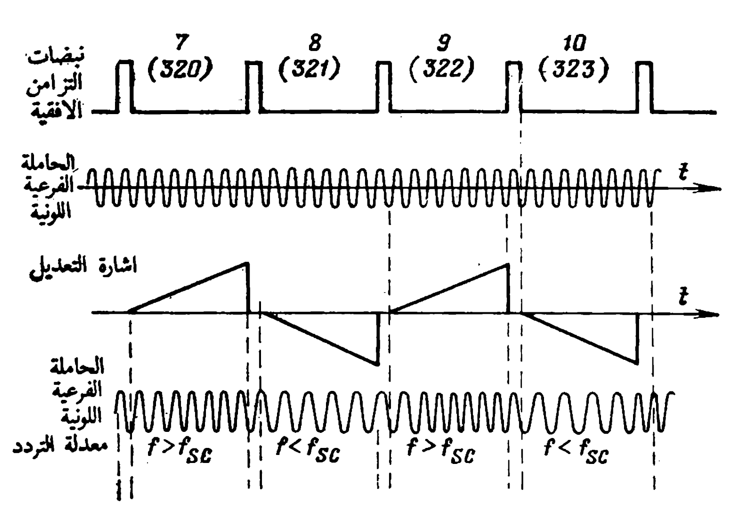
٣ — وحدات تحسين تآلف المنظومة وحصانتها ضد الضوضاء عند ارسال الاشارات الملونة .

٢) التزامن اللونى : ان الغرض من التزامن اللونى هو ضمان عمل المفاتيح الالكترونية فى قنوات التلون فى اجهزة الارسال والاستقبال بسرعة واحدة وطور واحد، بحيث تدخل الاشارتان $R-Y$ و $B-Y$ دائما الى القناتين المناظرتين لهما . ومن اجل ضمان التزامن اللونى تستخدم اشارة تعيين اللون التى تضاف الى الاشارة اللونية المؤلفة فى الطرف المرسل . وتقوم وحدة تعيين اللون فى جهاز الاستقبال الملون بالتحكم فى عمل مولد النبضات الحافزة للمفتاح الالكترونى .

---

* عندما يكون جهاز التلفزيون بعيدا نسبيا عن محطة التلفزيون تكون عبارة « بنفس الطور » غير دقيقة تماما ، لأن من الضرورى ان يؤخذ فى الاعتبار وقت تعوق الاشارة .





الشكل ١٤ — ١٨. اشارة تعيين اللون وتكوينها : اشارة تعيين اللون مضافة الى نبضة التزامن الرأسى (فى الاعلى) — وتكوين اشارة تعيين اللون (فى الاسفل)

وتتكون اشارة تعيين اللون بتعديل ذبذبات الحاملة الفرعية من حيث التردد باشارة ذات شكل خاص (الشكل ١٤ — ١٨ — فوق) . ويبين الشكل ان اشارة تعيين اللون عبارة عن سلاسل (دفعات) من ذبذبات معدلة التردد يتغير ترددها خطيا فى فترة مسح الخط متزايدا ومتناقصا على التناوب (الشكل ١٤ — ١٨ — تحت) . ويتم ارسال اشارة تعيين اللون فى وقت كل نبضة اطفاء رأسى خلال فترات تسعة خطوط : الخطوط 328 — 320 للمجالات الزوجية والخطوط 15 — 7 للمجالات الفردية .

وتعمل وحدة تعيين اللون فى جهاز الاستقبال بمبدأ مقارنة قطبية نبضات تعيين اللون بعد كشفها مع قطبية نبضات المسح الرأسى فى جهاز الاستقبال .

وعند اختلال قطبية نبضات التعيين تظهر فى خرج وحدة تعيين اللون فى جهاز الاستقبال نبضة تقوم بعكس طور المفتاح الالكترونى .

٣) اختيار تردد الحاملة الفرعية وضمان التآلف : طالما ان اشارتى الاختلاف اللونى ترسلان فى نظام SECAM بتعديل تردد الحاملة الفرعية ، فان حل مسائل التآلف مع التلفزيون الاسود والابيض يختلف فى حالة نظام SECAM عما هو فى حالة نظام NTSC .

ففى حالة تعديل التردد يتأرجح تردد الحاملة الفرعية ويتغير طورها باستمرار (ويعتمد طور ذبذبات الحاملة الفرعية على الالوان الجاري ارسالها ويتغير من خط الى خط) . ولذلك لا تجدى هنا طريقة التزامن الترددى (انزياح تردد الحاملة الفرعية بمقدار نصف التردد الافقى) . وتسبب الحاملة الفرعية فى منظومة SESAM على شاشات أجهزة التلفزيون الاسود والابيض عند استقبال البرامج الملونة نمطا نقطيا عشوائيا .

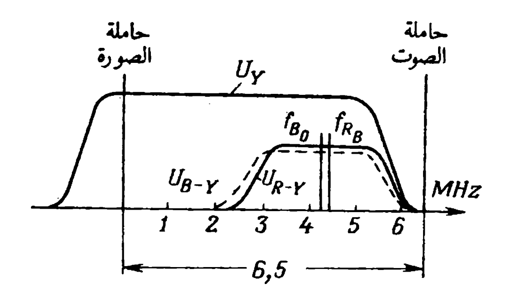
ولقد بينت الابحاث التجريبية التى استهدفت ايجاد طرائق لتقليل ملحوظية الحاملة الفرعية على شاشات اجهزة التلفزيون الاسود والابيض انه رغم تغير طور الحاملة الفرعية اثناء فترة الخط باستمرار ، يمكن تقليل ملحوظية الحاملة الفرعية كثيرا بتبديل طور الحاملة الفرعية بانتظام (اى حسب قانون معين) كل خط وكل مجال . .

وبينت الاختبارات الكثيرة ان افضل النتائج هى التى نحصل عليها بطريقة عكس طور الحاملة الفرعية المعدلة قبيل بدء كل مجال وعلى كل خط ثالث . وفى هذه الحالة ينبغى ان يكون تردد الحاملة الفرعية من اضعاف التردد الإفقى . ومن اجل تحسين نسبة الاشارة الى الضوضاء ترسل اشارتا الاختلاف اللونى فى نظام SECAM الاذاعى على حاملتين فرعيتين مختلفتى التردد (الشكل ١٤ — ١٩) :

١ — ترسل الاشارة $B-Y$ على التردد $f_{BO} = 272 f_H = 4.24$ MHz ؛

٢ — ترسل الاشارة $R-Y$ على التردد $f_{RO} = 284 f_H = 4.406$ MHz .

٤) رفع حصانة منظومة SECAM ضد الضوضاء : كما نعلم من نظرية تعديل التردد ، ان حصانة استقبال الذبذبات المعدلة التردد ضد الضوضاء تكون اعلى ، كلما زاد دليل التعديل (اى كلما زاد عمق التعديل) .



الشكل ١٤ — ١٩. ترتيب طيفي اشارتي الاختلاف اللوني داخل طيف اشارة النصوع

وانحراف التردد (Δf) في نظام SECAM هو ٢٨٠ كيلوهرتز ، واعلى ترددات التعديل (F_{max}) هو ١,٤ ميجاهرتز . وبذلك يكون دليل تعديل التردد اقل كثيرا من الواحد :

$$m_f = \frac{\Delta f}{F_{max}} = \frac{0.28\ \text{MHz}}{1.4\ \text{MHz}} = 0.20$$

وينجم عن صغر دليل تعديل التردد في منظومة SECAM ان تكون حصانتها ضد الضوضاء اقل كثيرا من حصانة المنظومات ذات التعديل المتوازن (NTSC و PAL) . ومن غير المسموح به زيادة دليل تعديل التردد في منظومة SECAM على حساب زيادة انحراف التردد Δf لئلا يزداد كثيرا عرض النطاق الترددي الذي تشغله اشارتا الاختلاف اللوني في نطاق ترددات الاشارة النصوعية .

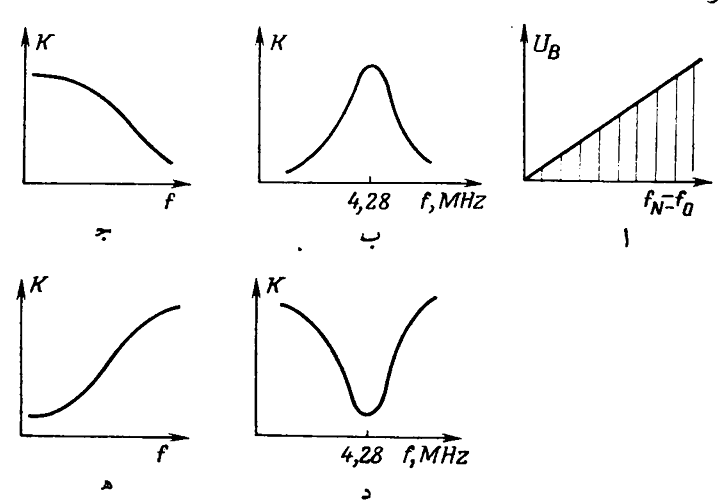
ومن اجل تحسين حصانة منظومة SECAM ضد الضوضاء تستخدم في محطة الارسال وحدات خاصة للتشويه المسبق (رفع الذروة) وتستخدم في اجهزة الاستقبال وحدات خاصة للتصحيح العكسي (خفض الذروة) . فمن المعروف ان فلطية خرج كاشف التردد تتناسب طرديا مع انحراف تردد الاشارة المستقبلة ، اي تتناسب مع الفرق بين تردد الاشارة والتردد المركزي $f_S - f_0$. والتردد المركزي في الحالة المعنية هو التردد الاسمي للحاملة الفرعية .

وبالمثل تتوقف الفلطية التي تحدثها الضوضاء العالية التردد في خرج كاشف التردد على الفرق بين ترددها f_N والتردد المركزي f_0 . واذا كان

تردد الضوضاء مساويا f_0 ، فان هذه الضوضاء تسبب فقط تعديل اتساع الاشارة المعدلة التردد ، ويزال تعديل الاتساع بواسطة محدد الاتساع . وعند اختلاف تردد الضوضاء عن التردد المركزى يظهر تعديل طفيلى (مزيف) للتردد . ويكون مقدار التعديل الطفيلى للتردد متناسبا مع الفرق بين الترددين f_N و f_0 . وعندئذ يكون طيف فلطية الضوضاء الخارجة من كاشف التردد مثلث (الشكل ١٤ — ٢٠ — أ) .

ومع ان طيف الضوضاء المؤثرة على القناة اللاسلكية هو كما معروف طيف متصل ، فان مركبات هذا الطيف تؤثر تأثيرا مختلفا عند استقبال الذبذبات المعدلة التردد . واشد مركبات طيف الضوضاء تأثيرا هى المركبات الموجودة فى منطقة المركبات الجانبية القصوى لطيف الاشارة اللاسلكية .

ويمكن اضعاف تأثير الضوضاء (التداخلات) على جودة الصورة الملونة بطريقتين : بالحد من نطاق تمرير التردد العالى (قبل كاشف التردد) ، وكذلك بوضع مرشح فى خرج كاشف التردد لاضعاف الترددات العليا للاشارات المكشوفة .



الشكل ١٤ — ٢٠. توضيح لكيفية رفع حصانة المنظومة ضد الضوضاء : أ — طيف الضوضاء ؛ ب — الاستجابة الترددية لمرشح «كلوش» فى جهاز الاستقبال ؛ حـ — الاستجابة الترددية لمرشح الترددات المنخفضة فى جهاز الاستقبال؛ د — الاستجابة الترددية لرفع الذروة على شكل « كلوش » عكسى ؛ هـ — الاستجابة الترددية لمرشح رفع الذروة لدى الترددات المنخفضة

وتستخدم فى نظام SECAM كلتا الطريقتين : يوضع فى جهاز الاستقبال الملون قبل كاشفى التردد مرشح رنينى ذو استجابة على شكل جرس (مرشح «كلوش» *) ، كما يوضع بعد كل من كاشفى التردد مكبر صورى ذو استجابة ترددية هابطة (الشكل ١٤ ــ ٢٠ ــ ب ، ج) .

ومن اجل تعويض تأثير هذه المرشحات والمحافظة على التناسب الصحيح بين المركبات الترددية لاشارتى الاختلاف اللونى تستخدم فى جهاز ترامز نظام SECAM فى محطة الارسال وحدات خاصة للتشويه المسبق (رفع الذروة) :

١ ــ مرشح لرفع الذروة لدى الترددات الصورية يرفع مستوى الترددات العليا لطيف اشارتى الاختلاف اللونى (قبل معدل التردد) ؛

٢ ــ مرشح لرفع الذروة لدى الترددات العالية ذو استجابة ترددية على شكل جرس مقلوب («كلوش» عكسى) يرفع مستوى المركبات الجانبية لطيف الحاملتين الفرعيتين اللونيتين المعدلتى التردد (الشكل ١٤ ــ ٢٠ ــ د ، هـ) .

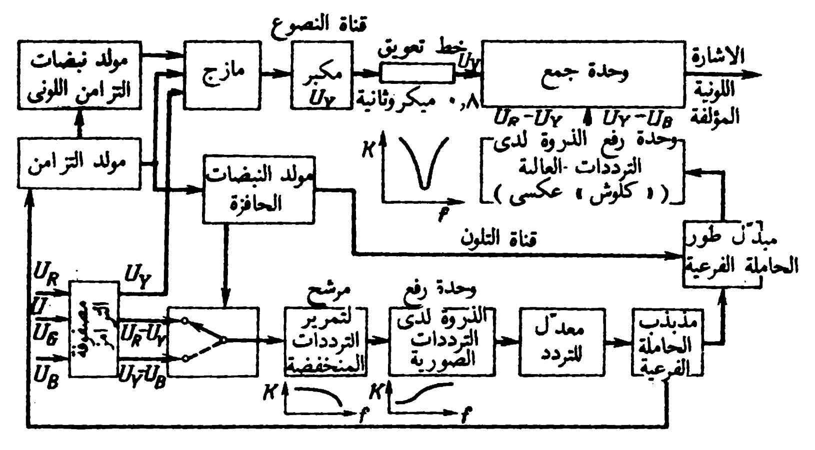
ويساعد استخدام مرشح «الكلوش» العكسى بالاضافة الى ذلك على تقليل ملحوظية الحاملة الفرعية على شاشات اجهزة التلفزيون الاسود والابيض ، اذ انه يحدث كبتا جزئيا لذبذبات الحاملة الفرعية عند الترددات القريبة الى ٤,٢٤ و٤,٤٠٦ ميجاهرتز .

٥ / جهاز ترامز نظام SECAM : ان الغرض من جهاز الترامز هو تشكيل الاشارة اللونية المؤلفة . ويشتمل جهاز الترامز (الشكل ١٤ ــ ٢١) على قناتين : قناة الاشارة النصوعية وقناة اشارتى التلون . وتضاف الى اشارة النصوع نبضات التزامن والاطفاء الافقية والرأسية . ويستخدم فى قناة النصوع خط تعويق من اجل المطابقة الزمنية للاشارة النصوعية واشارة التلون . ويلزم ذلك لأن اشارتى التلون تمران من خلال قناة ضيقة النطاق يكون التعوق فيها اكبر مما فى قناة النصوع ذات النطاق العريض .

ويستخدم فى قناة التلون بعد المفتاح الالكترونى مباشرة مرشح لتمرير الترددات المنخفضة يكبت المركبات الطيفية لاشارتى الاختلاف اللونى عند

---

* كلمة «كلوش» تعنى بالفرنسية جرس .



الشكل ١٤ — ٢١. رسم تخطيطى لمراحل وحدة ترامز نظام SECAM

الترددات التى تزيد عن ١,٥ ميجاهرتز . وتوضع بعد مرشح الترددات المنخفضة وحدة لرفع الذروة لدى الترددات الصورية ، وتقوم هذه الوحدة برفع مستوى المركبات الترددية العليا لطيف اشارتى الاختلاف اللونى .

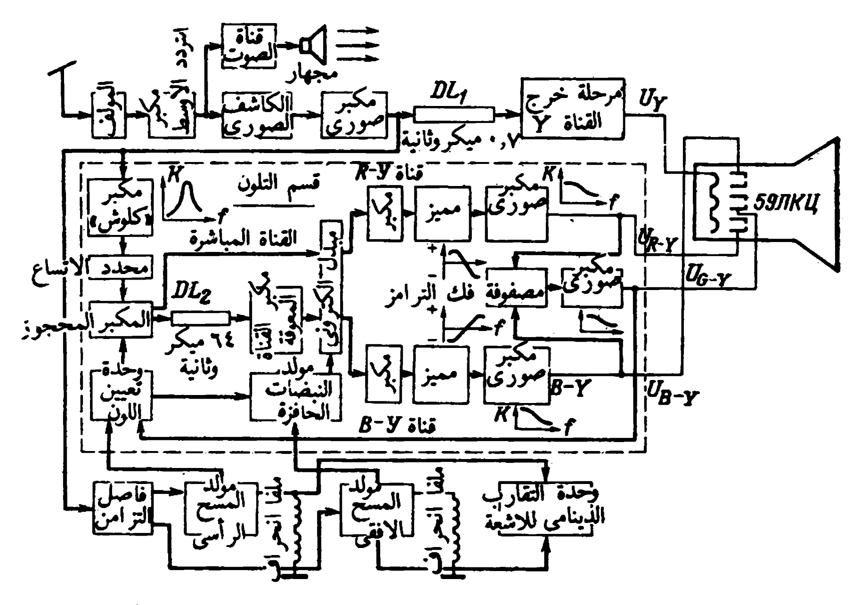
ويضمن مبدل الطور المستخدم بعد مذبذب الحاملة الفرعية المعدل ترددیا انعكاس طور الحاملة الفرعية بالتتابع اللازم لاضعاف ملحوظية « الشبكة » (الناجمة عن الحاملة الفرعية) على شاشات اجهزة التلفزيون الاسود والابيض .

وتوضع بعد مبدل طور الحاملة الفرعية وحدة لرفع الذروة لدى الترددات العالية ذات استجابة ترددية على شكل جرس مقلوب (« كلوش » عكسى) . وتؤلف هذه الوحدة بحيث يحدث اقصى انقاص لاتساع الحاملة الفرعية عند تردد يساوى ٤,٢٨ ميجاهرتز .

البند ١٤ — ١٣ جهاز الاستقبال الملون لنظام SECAM

ان جهاز استقبال SECAM مماثل تقريبا لجهاز التلفزيون الاسود والابيض العادى من حيث قسم الترددات المرتفعة (ونورد فى الشكل ١٤ — ٢٢ رسما تخطيطيا لمراحل جهاز SECAM لم نبين فيه المقوم توخيا للبساطة) .

وحيث ان وصف الرسم التخطيطى الكامل لدائرة جهاز الاستقبال الملون لا يدخل ضمن نطاق هذا الكتاب ، فاننا سنتعرض هنا باختصار الى الوحدات



الشكل ١٤ — ٢٢ . رسم تخطيطى لمراحل جهاز تلفزيون SECAM

الخاصة بجهاز التلفزيون الملون وهى : وحدة تعيين اللون ، وخط التعويق لمدة ٦٤ ميكروثانية ، والمفتاح المبدل الالكترونى ، ووحدة التقارب الدينامى لأشعة انبوب الصورة الملون .

١) عمل قسم التلون : ان الاشارة اللونية المؤلفة الخارجة من المكبر الصورى لقناة النصوع تسلط على مكبر ذى استجابة ترددية على شكل جرس (« كلوش ») من اجل تصحيح التشوهات الناجمة عن رفع الذروة لدى الترددات العالية فى محطة الارسال .

وتوصل الاشارة بعد ذلك الى محدد الاتساع من اجل « اقتضاب » تعديل الاتساع الطفيلى (المزيف) . وتسلط الاشارة بعد الحد من اتساعها على مكبر نطاقى * (من ٢ الى ٦ ميجاهرتز تقريبا) . ويوصل المكبر النطاقى الى المفتاح المبدل الالكترونى بقناتين متوازيتين : قناة « مباشرة » وقناة « معوقة » . ويتم تعويض مفقودات خط التعويق DL2 بواسطة مكبر القناة المعوقة .

* يسمى هذا المكبر النطاقى احيانا بالمحجوز لأنه يمكن ان يحجز او يدفع الى حالة القطع بنبضات تؤخذ من وحدة تعيين اللون .

ويوصل خرجا المبدل الالكترونى الى قناتى التلون $R-Y$ و $B-Y$. وتشتمل كل قناة على مكبر و مميز (كاشف للتردد) ومكبر خرج صورى ذى استجابة ترددية هابطة (لتعويض التشوهات المسبقة المحدثة فى محطة الارسال) . وتستخدم مصفوفة فك الترامز لتكوين الاشارة الثالثة للاختلاف اللونى $G-Y$ من الاشارتين $R-Y$ و $B-Y$.

ويتم التحكم فى عمل المفتاح المبدل الالكترونى بواسطة مولد النبضات الحافزة الذى تقوم بمزامنته نبضات المسح الافقى فى جهاز التلفزيون .

لنتأمل مبدأ عمل وحدة تعيين اللون المتحكمة فى عمل قسم التلون .

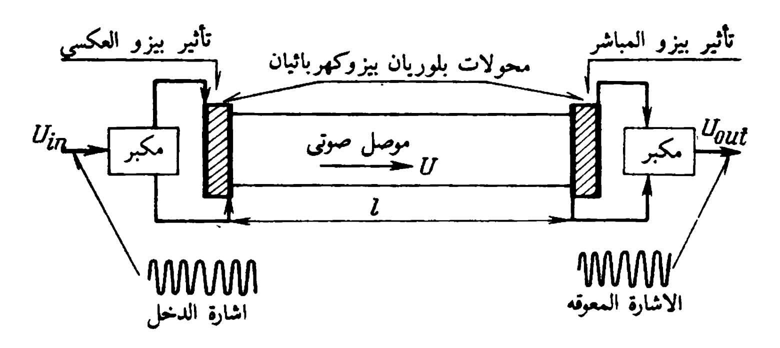
ان اشارة تعيين اللون التى تصل من المبدل الالكترونى الى القناة $R-Y$ فى حالة عمل المبدل بطور صحيح ينبغى ان تكون ذات تردد متزايد (فى فترات الخطوط 7 ، 9 ، 11 ، 13 ، 15 كما مبين بالشكل ١٤ — ١٨) عندما يجرى تعديل الحاملة الفرعية بنبضة سن منشار موجبة القطبية . وينبغى ان تكون اشارة تعيين اللون التى تصل الى القناة $B-Y$ ذات تردد متزايد (فى فترات الخطوط 8 ، 10 ، 12 ، 14) عندما يجرى التعديل بنبضة سالبة القطبية . وعندئذ تظهر على دخل كل من المميزين نبضات سن منشار موجبة القطبية . وتجمع نبضات سن المنشار الخارجة من القناتين $R-Y$ و $B-Y$ فى القناة $G-Y$ (الشكل ١٤ — ٢٣) . ويجرى تكامل سلسلة نبضات سن المنشار الناتجة ، ثم تسلط على وحدة تعيين اللون . وفى هذه الوحدة تتم مقارنة نبضة التعيين المتكاملة مع نبضة المسح الراسى .

واذا كانت نبضة التعيين المتكاملة صحيحة القطبية ، فان دائرة المقارنة لا تشتغل . اما اذا كان المبدل الالكترونى يعمل بطور غير صحيح ، فان قطبية نبضات سن المنشار الخارجة من المميزين تكون سالبة القطبية ، ولذا تصل

الشكل ١٤ — ٢٣ . رسوم موضحة لعمل وحدة تعيين اللون فى جهاز تلفزيون SECAM

الى دائرة المقارنة نبضة متكاملة ذات قطبية سالبة ايضا . وعندئذ تشتغل دائرة المقارنة ، فتولد وحدة تعيين اللون نبضة تقوم بعكس طور المبدل الالكتروني . وفي نفس الوقت تسلط على المكبر النطاقي (« المحجوز ») نبضة تجعله يمنع مرور اشارتي التلون الى ان يعمل المبدل بطور صحيح .

٢) خط تعويق اشارتي التلون : كما يستنتج من وصف نظام SECAM ينبغي ان يقوم خط تعويق اشارتي التلون في جهاز الاستقبال بتعويق الاشارتين لمدة تساوي ٦٤ ميكروثانية ، وينبغي ان يكون في نفس الوقت عريض النطاق (يجب ان يمرر نطاقا عرضه عدة ميجاهرتزات) . ولكن خطوط التعويق ذات



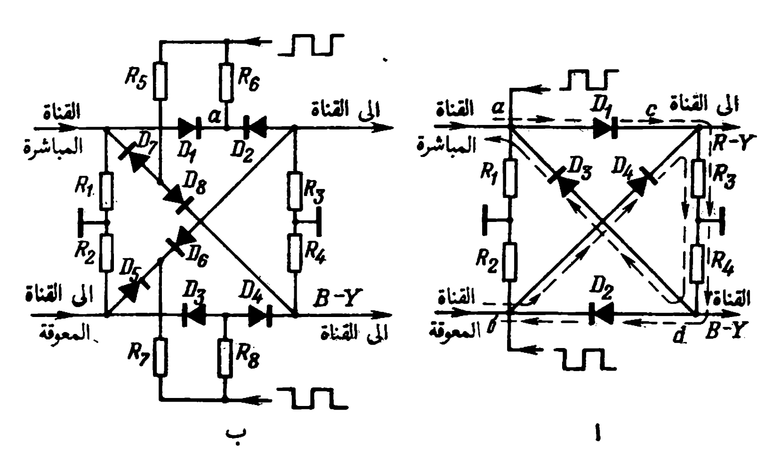
الشكل ١٤ — ٢٤ . خط التعويق فوق السمعي

الثوابت المجمعة والنطاق العريض المستخدمة في أجهزة اللاسلكي لا تستطيع ان تضمن تعويقا يزيد عن عدة ميكروثوان ، كما ان خطوط التعويق ذات الثوابت الموزعة (كوابل التعويق) تعطي تعويقا قليلا نسبيا يساوي عدة اجزاء من الميكروثانية لكل متر (ولتعويق الاشارة ٦٤ ميكروثانية يلزم كابل طوله حوالي ١٠٠ م) . ولذلك تستخدم في اجهزة تلفزيون SECAM خطوط التعويق الكهروميكانيكية فوق السمعية (الشكل ١٤ — ٢٤) التي تتكون من محولين كهربائيين اجهاديين (بيزوكهربائيين) وموصل صوتي . وتسلط اشارة التلون المعدلة التردد على الكترودي المحول الكهربائي الاجهادي المشع الذي تنشأ فيه بتأثير المجال الكهربائي المتردد ذبذبات ميكانيكية (فوق سمعية) . وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الكهربائي الاجهادي (البيزوكهربائي) العكسي . وتنتشر

الذبذبات فوق السمعية على طول الموصل الصوتي وتصل الى المحول الكهربائي الاجهادي الثاني الذي تتحول فيه الذبذبات الميكانيكية الى فلطية كهربائية مترددة تؤخذ من الكترودية . وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الكهربائي الاجهادي (البيزوكهربائي) المباشر .

ويكون وقت التعويق مساويا لحاصل قسمة طول الموصل الصوتي على سرعة انتشار الموجة الصوتية (الميكانيكية) في مادة الموصل الصوتي . وطالما ان سرعة انتشار الذبذبات الميكانيكية اقل كثيرا من سرعة انتشار الذبذبات الكهربائية ، فان الابعاد الهندسية لخطوط التعويق فوق السمعية تكون غير كبيرة .

ويمكن ان يستخدم كموصل صوتي وسط سائل (ماء ، زئبق) او وسط صلب (زجاج ، فولاذ) . ويستخدم فى خطوط تعويق اجهزة التلفزيون الملون عادة قضيب فولاذى يلحم بطرفيه محولان كهربائيان اجهاديان (من تيتانات الرصاص مثلا) . ومن اجل زيادة فعالية عمل خطوط التعويق فوق السمعية تستخدم فى الموصل الصوتي ذبذبات ميكانيكية مستعرضة . ويكون عرض نطاق مثل هذه الخطوط حوالى ٣ ميجاهرتز ، تكون معاوقتا الدخل والخرج حوالى ١٠٠ اوم ، بينما تكون سعتا الدخل والخرج حوالى ١٠٠٠ بيكوفاراد . ونظرا لصغر المعاوقتين وكبر السعتين ، فمن الضرورى استخدام محولات للتوفيق .



الشكل ١٤ — ٢٥. دائرة المبدل الالكتروني : أ — رباعي الثنائيات ؛ ب — ثماني الثنائيات

٣) المفتاح المبدل الالكتروني : من اجل تبديل قناتي التلون في اجهزة التلفزيون الملون تستخدم مفاتيح مبدلة الكترونية تعمل بثنائيات بلورية .

لنتأمل عمل المبدل البسيط ذي الثنائيات الاربعة (الشكل ١٤ ــ ٢٥ ــ أ) .

ان النبضات الحافزة المسلطة على النقطتين a و b تجعل فلطيتيهما متعاكستي الطور . واذا افترضنا ان النقطة a ذات جهد موجب وان النقطة b ذات جهد سالب ، فان الثنائيين D_1 و D_2 يكونان في حالة التوصيل . وعندئذ تكون الاشارة المباشرة مسلطة على القناة $R-Y$ ، بينما تكون الاشارة المعوقة مسلطة على القناة $B-Y$. واذا كانت النبضات الحافزة ذات قطبية معاكسة (في النقطتين a و b) ، فانها تدفع الى التوصيل الثنائيين D_3 و D_4 . وفي هذه الحالة تكون الاشارة المباشرة مسلطة على القناة $B-Y$ ، بينما تكون الاشارة المعوقة مسلطة على القناة $B-Y$.

ويبين الشكل ١٤ ــ ٢٥ ــ ب رسما تخطيطيا لمبدل الكتروني اكثر كمالا ذي ثمانية ثنائيات . لنفترض ان النقطة a ذات جهد موجب وان النقطة b ذات جهد سالب . وعندئذ تكون الثنائيات D_7 ، D_8 ، D_5 ، D_6 في حالة التوصيل ، فتكون الاشارة المباشرة مسلطة على القناة $R-Y$ وتكون الاشارة المعوقة مسلطة على القناة $R-Y$. وعند تبدل قطبية النبضات الحافزة تصبح الثنائيات D_1 ، D_2 ، D_3 ، D_4 في حالة التوصيل ، فتوصل الاشارة المباشرة الى القناة $R-Y$ والاشارة المعوقة الى القناة $B-Y$.

ويضمن المبدل الثماني الثنائيات مستوى اقل للتشوهات التخالطية (الحديث التداخلي) ، طالما انه يتميز بسعة تخللية اقل لكل من فروعه (اذ ان السعة الكلية للثنائيين الموصلين على التوالي اقل مرتين من سعة كل منهما) . ويضمن المبدل الثماني الثنائيات في نفس الوقت الحد من اتساع الحاملة الفرعية .

٤) وحدة التقارب الدينامي لاشعة انبوب الصورة الملونة : ان الغرض من وحدة التقارب هو ضمان تقاطع الاشعة الثلاثة لأنبوب بالصورة على مستوى القناع المجزىء للألوان .

وللحصول على صورة ملونة غير مشوهة ينبغى ان تتقابل الاشعة الثلاثة دائما فى مستوى القناع ، كما ينبغى ان تمر فى كل لحظة من ثقب واحد مشترك عند انحرافها فى اى اتجاه ضمن حدود الشاشة .

وتشتمل وحدة التقارب الدينامى على ثلاثة مغنطيسات كهربائية تركب على عنق انبوب الصورة ، كما تشتمل على دائرة كهربائية تقوم بتشكيل تيارات ذات شكل خاص لتغذية ملفات المغنطيسات الكهربائية . ويكون كل مغنطيس ذا ملفين للتقارب خلال المسح الافقى وملفين للتقارب خلال المسح الرأسى . ويتم تشكيل اشارات التقارب بواسطة دوائر للاستثارة الصدمية تستثار بنبضات افقية ورأسية تؤخذ من دوائر المسح فى جهاز التلفزيون .

الفصل الخامس عشر

تسجيل الصور التلفزيونية

البند ١٥ ـ ١ معلومات عامة

ان ضرورة تكرار البرامج التلفزيونية وارحالها الى المناطق ذات التوقيت المختلف واسبابا اخرى تقتضي ان يكون بالامكان حفظ الصورة التلفزيونية مدة طويلة واعادة انتاجها فيما بعد .

ويمكن حفظ (تسجيل) الصورة التلفزيونية بعدة طرائق تستخدم منها حاليا :

١ ـ طريقة التصوير السينمائي للصورة التلفزيونية المعاد انتاجها على شاشة انبوب الصورة (التسجيل السينمائي من الكاينسكوب) ؛

٢ ـ طريقة التسجيل المغنطيسي للاشارات التلفزيونية .

البند ١٥ ـ ٢ التسجيل السينمائي من شاشة أنبوب الصورة (الكاينسكوب)

يكون التصوير السينمائي من شاشة انبوب الصورة (الكاينسكوب) ابسط ما يمكن في حالة المسح التقدمي . وفي هذه الحالة يمكن ان تستخدم كاميرا التصوير السينمائي النموذجية ، على ان يتم ربط (مزامنة) حركة الفلم في الكاميرا باحكام مع تردد الانحراف الرأسي في انبوب الصورة * .

ويكون التصوير السينمائي للصورة التلفزيونية اعقد بكثير في حالة المسح المتشابك المستخدم في النظام التلفزيوني الاذاعي . وابسط طريقة للتصوير السينمائي في هذه الحالة هي طريقة تصوير مجال واحد من كل اطار ، اي تصوير المجالات الزوجية او الفردية فقط . وتمتاز هذه الطريقة بأنها تسمح

---

* ينبغي ايضا ان يكون وقت سحب الفلم في الكاميرا مناظرا لفترة الارتداد الرأسي . فعندما يكون وقت سحب الفلم اكبر من فترة الارتداد ، يضيع عدد من خطوط الاطار .

باستخدام اجهزة التصوير السينمائى العادية التى يجرى سحب الفلم فيها خلال وقت طويل نسبيا . وتستخدم الطريقة المذكورة فى الحالات التى تتيح خفض بيان الصورة (على حساب فقد نصف المجالات) .

وثمة طريقة اخرى تسمح باستعمال اجهزة التصوير السينمائى القياسية . وتتلخص هذه الطريقة فى استخدام سطح وسيط يقوم باختزان (حفظ) صورة كلا المجالين (الفردى والزوجى) خلال فترة الاطار الكامل . ويجرى التصوير فى اللحظة التى يكون قد تم فيها تسجيل كلا المجالين على السطح الوسيط . ويمكن ان تستخدم بمثابة هذا السطح الوسيط شاشة انبوب صورة (كاينسكوب) تعطى المداومة الضرورية .

البند ١٥ ـ ٣ التسجيل المغنطيسى لاشارات الصورة

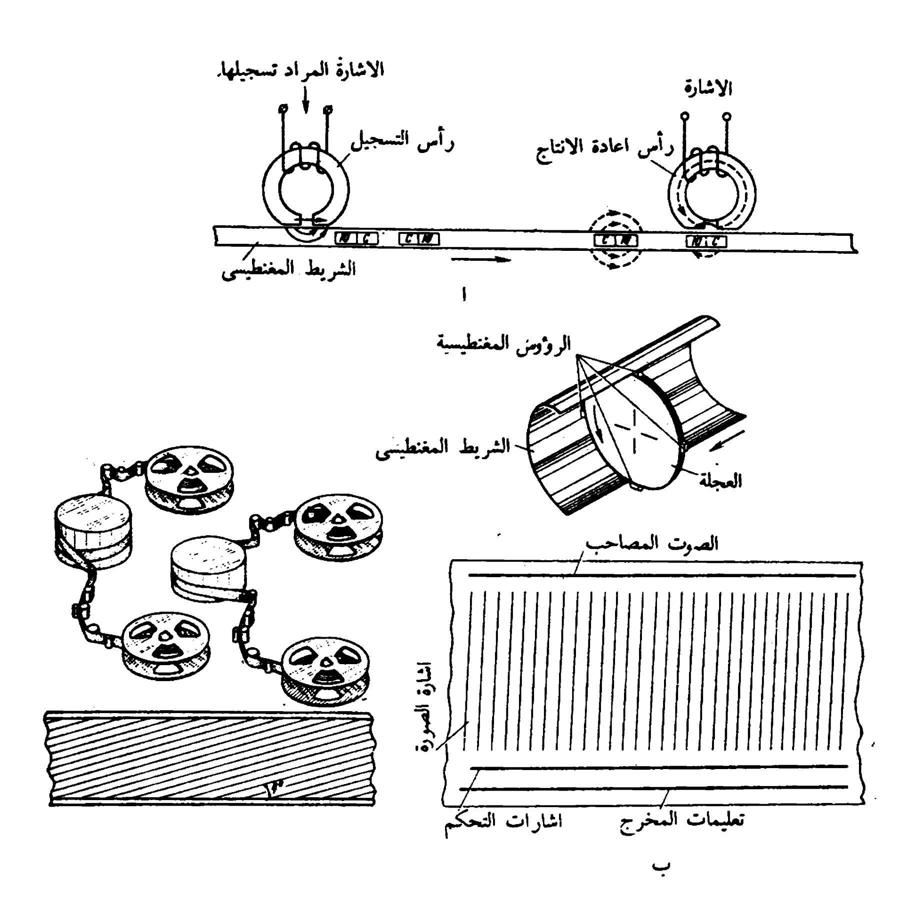
١) فكرة عامة : لقد شاعت طريقة التسجيل المغنطيسى للاشارات الكهربائية على نطاق واسع جدا بفضل المزايا التالية :

١ ـ يمكن اعادة انتاج التسجيل فورا ، اذ انه لالزوم لأية معاملة اضافية ؛

٢ ـ يمكن تحويل طيف الاشارة المسجلة بتغيير سرعة تحرك الشريط المغنطيسى عند اعادة الانتاج ؛

٣ ـ من السهل محو التسجيل (بازالة التمغنط) واستخدام الشريط المغنطيسى مرات كثيرة .

ويتلخص مبدأ التسجيل المغنطيسى (الشكل ١٥ ـ ١ ـ أ) فيما يلى : تسلط الاشارات الكهربائية المطلوب تسجيلها على ملف رأس التسجيل المغنطيسى الذى هو عبارة عن مغنطيس كهربائى ذى ثغرة عاملة ضيقة تسمى ثغرة التسجيل . ويتحرك امام الثغرة العاملة لرأس التسجيل شريط مغنطيسى ذو سرعة ثابتة . وتتغير شدة المجال المغنطيسى فى حيز الثغرة مع الاشارة الكهربائية ، وبذلك تتمغنط للاجزاء المختلفة للشريط المغنطيسى المار امام الثغرة تمغنطا مختلفا . وعند استعادة (اعادة انتاج) التسجيل يتحرك الشريط



الشكل ١٥ – ١. التسجيل المغنطيسى لاشارات الصورة : أ – مبدأ التسجيل المغنطيسى ؛ ب – التسجيل المستعرض بواسطة رؤوس مغنطيسية دوارة ؛ التسجيل المائل (الحلزونى) للاشارات التلفزيونية بواسطة رؤوس دوارة

الممغنط امام ثغرة رأس اعادة الانتاج ، فيستثير فى ملفه قوة دافعة كهربائية ذات شكل موجي مماثل لشكل الاشارة الكهربائية المسجلة .

وتختار قلوب الرؤوس المغنطيسية من مواد ذات انفاذية مغنطيسية عالية كالبرمالوى والفريت . وتجمع قلوب البرمالوى من انصاف حلقات مشكلة من صفائح رقيقة بالختم ، وتشكل قلوب الفريت بالكبس . وتملأ الثغرة العاملة بمادة غير مغنطيسية (رقيقة من رقائق البرونز او النحاس الاصفر) .

ويزداد اقصى تردد يمكن تسجيله ، كلما ازدادت سرعة الشريط ، وكلما كانت حبيبات الطبقة ذات الانفاذية المغنطيسية العالية ادق ، وكلما كانت الثغرة العاملة فى الرأس المغنطيسى اضيق .

ويرتبط التردد الاعلى للاشارة الذى يمكن تسجيله بسرعة الشريط بالنسبة الى الرأس بعلاقة بسيطة :

$$f_{max} = \frac{v}{\lambda_{min}}$$

حيث v سرعة الشريط ؛

و λ_{min} اقل طول موجى يمكن تسجيله بالرأس المغنطيسى .

وتكون قيمة λ_{min} للرؤوس المغنطيسية العصرية حوالى ٤ ــ ٦ ميكرونات .

لنحسب السرعة التى يجب ان يتحرك بها الشريط المغنطيسى من اجل تسجيل اقصى تردد للاشارة الصورية (٦ ميجاهرتز) :

$$v = f_{max} \cdot \lambda = 6 \cdot 10^{6} \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 30 \text{ m/sec}$$

ويجدر ان نذكر للمقارنة ان سرعة تحرك الشريط المغنطيسى فى المسجلات المنزلية تتراوح بين ٤ و ١٩ سم/ثانية .

وفى حالة استخدام السرعة ٣٠ م/ثانية يكون مصروف الشريط هائلا : ١,٨ كم لكل دقيقة تسجيل و١٠٨ كم لكل ساعة تسجيل . وبالاضافة الى ذلك ، يعانى الشريط الذى يتحرك بمثل تلك السرعة الهائلة من توتر شديد جدا يؤدى الى تمزقه بكثرة . وعلى هذا النحو ، نجد ان الطريقة العادية للتسجيل المغنطيسى المباشر برؤوس مغنطيسية غير متحركة على شريط مغنطيسى متحرك غير صالحة لتسجيل الاشارات الصورية .

وقد ابتكرت طرائق عديدة لتسجيل اشارات الصورة بسرعة منخفضة نسبيا للشريط المغنطيسى :

١ ــ التسجيل المتعدد القنوات (المتعدد المسارات او المدارج) على شريط مغنطيسى عريض مع تقسيم الاشارات طيفيا ؛

٢ — التسجيل المتعدد القنوات (المتعدد المسارات او المدارج) على شريط مغنطيسى عريض مع تقسيم الاشارات زمنيا ؛

٣ — التسجيل بروؤس مغنطيسية دوارة ، مما يسمح بالحصول على سرعة نسبية عالية للشريط بالنسبة الى الرأس لدى سرعة منخفضة نسبيا لتحرك الشريط .

ولقد بين التطبيق العملى ان اكثر هذه الطرائق صلاحية لتسجيل الاشارات الصورية هى طريقة التسجيل بروؤس دوارة .

وتصمم اجهزة التسجيل الصورى (« المرئى ») ذات الروؤس الدوار كينماتيا (حركيا) بطريقتين :

١ — يستخدم شريط مغنطيسى عريض (٥٠ او ٧٠ مم) يتحرك ببطء نسبيا (بسرعة ٠,٥ م/ثانية) على موازاة محور عجلة (قرص) دوارة ذات اربعة روؤس مغنطيسية ؛ وفى هذه الحالة تكون خطوط التسجيل مستعرضة بالنسبة الى محور الشريط (الشكل ١٥ — ١ — ب) ؛

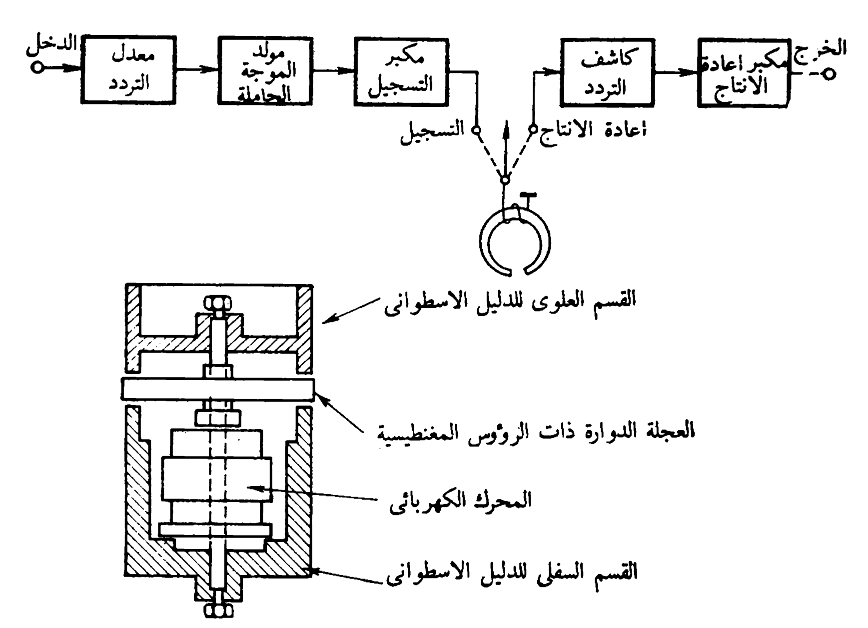
٢ — يستخدم شريط مغنطيسى عريض (٢٥ او ٥٠ مم) يحيط بدليل اسطوانى (دارة موجهة) له فرجة دائرية تدور فيها عجلة ذات رأس او رأسين مغنطيسيين . ويتم توجيه الشريط بحيث تكون مدارج التسجيل متوازية ومائلة بزاوية حادة * (الشكل ١٥ — ١ — ب) .

وتصمم بالطريقة الاولى عادة اجهزة التسجيل الصورى المهنية (العالية الجودة) المستخدمة فى محطات التلفزيون ، بينما تصمم بالطريقة الثانية اجهزة التسجيل المبسطة التى تستخدم لأغراض الريبورتاج والاغراض التطبيقية ، كما تستخدم فى المنازل (مع اجهزة التلفزيون) .

وينبغى ان يراعى عند تصميم اجهزة التسجيل الصورى ان الفلطية المستحثة فى الرأس المغنطيسى لدى اعادة الانتاج تهبط بحدة عند ادنى ترددات طيف الاشارة الصورية (حوالى ٥٠ هرتز) ، طالما ان القوة الدافعة الكهربائية المستحثة تتناسب طرديا مع سرعة تغير التدفق المغنطيسى . فبذلك

---

* طالما ان الشريط يحيط بالدليل الاسطوانى حلزونيا ، فان التسجيل بهذه الطريقة يدعى بالتسجيل الحلزونى او اللولبى .



الشكل ١٥ — ٢ . رسم تخطيطى مبسط لمراحل تسجيل واعادة انتاج الاشارات الصورية ومقطع تخطيطى للدليل الاسطوانى فى جهاز التسجيل الصورى ذى التسجيل المائل (الحلزونى)

تسوء فى نفس الوقت نسبة الاشارة الى الضوضاء ، اذ انه لا يمكن تعويض هبوط مستوى الترددات المنخفضة بمعادلة استجابة مكبر اعادة الانتاج عند هذه الترددات .

ولذلك تستخدم فى اجهزة التسجيل الصوري (الشكل ١٥ — ٢) طريقة نقل طيف الاشارة الجارى تسجيلها الى منطقة الترددات الاعلى . ويجرى ذلك بواسطة التعديل الترددى لكى يمكن استخدام محدد اتساع عند اعادة الانتاج من اجل كبت التعديل الطفيلى لاتساع الاشارة الذى ينشأ فى عملية التسجيل نتيجة لتغير درجة تلامس الرأس مع الشريط (نتيجة لعيوب الشريط واسباب اخرى) .

ولكى لا يتسع كثيرا طيف الترددات التى ينبغى تسجيلها ، يختار تردد الموجة الحاملة قريبا للحد الاعلى لنطاق ترددات الاشارة الصورية ، كما يختار دليل التعديل اقل من الواحد (ويسمى تعديل التردد فى هذه الحالة ضيق النطاق) . ولالغاء تأثير الموجة الحاملة تستخدم المعدلات المتوازنة .

وتشتمل دائرة اعادة الانتاج على كاشف للتعديل (كاشف للتردد) .

البند ١٥ ـ ٤ اجهزة التسجيل الصورى المهنية العالية الجودة

لنستعرض على سبيل المثال وصفا موجزا لجهاز التسجيل الصورى السوفييتى « كادر ـ ٣ » (« КАДР — 3 ») المخصص لتسجيل واذاعة (اعادة انتاج) الصور السوداء والبيضاء والصور الملونة . ويجرى التسجيل على شريط عرضه ٥٠,٨ مم (٢ بوصة) بأربعة رؤوس مغنطيسية تدور بسرعة ١٥٠٠٠ دورة فى الدقيقة .

ويتم تبديل الرؤوس الدوارة بواسطة محولات لاقطة للتيار بدون تلامس (وعيب لاقطات التيار ذات الملامسات الانزلاقية المستخدمة فى طرازات اخرى لأجهزة التسجيل الصورى هو قلة اعتماديتها) . والسرعة الانتقالية للشريط ١٩,٨ او ٣٩,٧ سم/ثانية . والسرعة الخطية للرؤوس المغنطيسية بالنسبة الى الشريط ٤٠ م/ثانية تقريبا . ويتم تسجيل الاشارة الصورية على مدارج مغنطيسية مستعرضة تشغل الجزء المتوسط للشريط . ويسجل على كل مدرج حوالى ١٦ خط من خطوط المسح التلفزيونى . ويتم تسجيل الصوت المصاحب واشارة التحكم واشارة الملاحظات (تعليمات المخرج) على مدارج مغنطيسية طولانية تشغل حافتى (هامشى) الشريط . ويمتد النطاق الترددى لقناة الاشارة الصورية من ٥٠ هرتز الى ٦,٥ ميجاهرتز .

ومن عيوب التسجيل الصورى بمثل هذه الطريقة قصر عمر استخدام الرؤوس المغنطيسية الذى هو حوالى ٢٠٠ ساعة لكل مجموعة من الرؤوس . ويفسر قصر عمر استخدام الرؤوس بأنها تستهلك ميكانيكيا بشدة ، اذ ان سرعتها الخطية العالية بالنسبة الى سطح الشريط المغنطيسى تؤدى الى ابلائها بسرعة .

ومع ان جهاز التسجيل المغنطيسى الصورى من الطراز السابق وصفه هو جهاز كثير التكاليف ومعقد تكنولوجيا ويتطلب صيانة مؤهلة ، فان الاثر الاقتصادى لاستخدام التسجيل الصورى يعوض كل المصاريف .

هذا وان اجهزة التسجيل الصورى من مثل ذلك الطراز تعطى تسجيلا ذا جودة عالية جدا .

البند ١٥ ــ ٥ اجهزة التسجيل الصورى المبسطة

تصمم اجهزة التسجيل الصورى المبسطة بالطريقة الكينمائية (الحركية) التى تعطى مدارج مغنطيسية مائلة .

والعنصر الاساسى لمثل هذه الاجهزة هو الدليل الاسطوانى المسجل (الشكل ١٥ ــ ٢ ــ ب) الذى يتألف من قسمين . ويركب داخل الدليل الاسطوانى محرك كهربائى يقوم بادارة عجلة ذات رأس مغنطيسى (او رأسين) . وينفذ الرأس (او الرأسان) من خلال الفرجة الموجودة بين القسمين العلوى والسفلى للدليل الاسطوانى ويبرز عن السطح الاسطوانى بمقدار ٠,١ مم ضاغطا على الشريط المغنطيسى العريض (٢٥ ــ ٥٠ مم) الذى يحيط بالدليل الاسطوانى حلزونيا . ويكون قطر الدليل الاسطوانى المسجل عادة ١٥٠ ــ ٢٥٠ مم ، وتكون سرعة دورانه حوالى ٢٠٠٠ ــ ٣٠٠٠ دورة فى الدقيقة . وتختار سرعة الشريط حوالى ١٠ ــ ٢٥ سم/ثانية . ويحيط الشريط فى بعض الطرازات بنصف محيط الدليل الاسطوانى فقط ، بينما يقوم فى طرازات اخرى بدورة كاملة (على شكل انشوطة) . وتوضع البكرتان (الطارتان) العاطية والآخذة بحيث تكون الزاوية بين محور الشريط ومستوى العجلة حوالى ٤° . وتبلغ السرعة الخطية للرأس المغنطيسى ٢٠ ــ ٣٠ م/ثانية . ويسجل الرأس على الشريط فى كل دورة من دورة الشريط مدرجا مائلا واحدا يستوعب مجالا كاملا من مجالات مسح الصورة التلفزيونية . وتؤدى حركة الشريط الى ان يسجل المدرج التالى على خط منزاح نوعا ما . ويكون عرض نطاق اجهزة التسجيل الصورى التى تعمل بهذه الطريقة حوالى ٢ ــ ٤ ميجاهرتز .

وتزود المسجلات الصورية النقالة المخصصة للريبورتاجات بكاميرات للتصوير التلفزيونى . وتنتج المسجلات الصورية المنزلية للعمل مع اجهزة الاستقبال التلفزيونى .

ولا يزال نطاق استخدام المسجلات الصورية المبسطة محدودا حتى الآن ، لأنها معقدة التصميم وتكلفتها اعلى من تكلفة جهاز التلفزيون الملون .

البند ١٥ ـ ٦ اعادة الانتاج البطئ للتسجيلات الصورية

لقد انتجت فى السنوات الاخيرة اجهزة للتسجيل الصورى تسمح باعادة انتاج (عرض) التسجيلات الصورية ببطء ، وتسمح علاوة على ذلك « بتجميد » (« ايقاف ») الصورة . وتستخدم هذه الاجهزة بنجاح من اجل نقل المباريات الرياضية ، وتجد تطبيقا عمليا واسع النطاق فى الابحاث العلمية والاغراض التعليمية .

ويشتمل جهاز التسجيل الصورى المخصص للعرض البطىء على الوحدات العادية ووحدة خاصة للحفظ (ذاكرة) . وهذه الوحدة عبارة عن جهاز معقد يزود بآلية لتحريك الشريط وعجلة ذات رؤوس مغنطيسية خاصة به . ويعتمد عمل وحدة الحفظ على مبدأ الانتقاء (الحجز) الزمنى .

الفصل السادس عشر

تكنولوجيا الاذاعة التلفزيونية

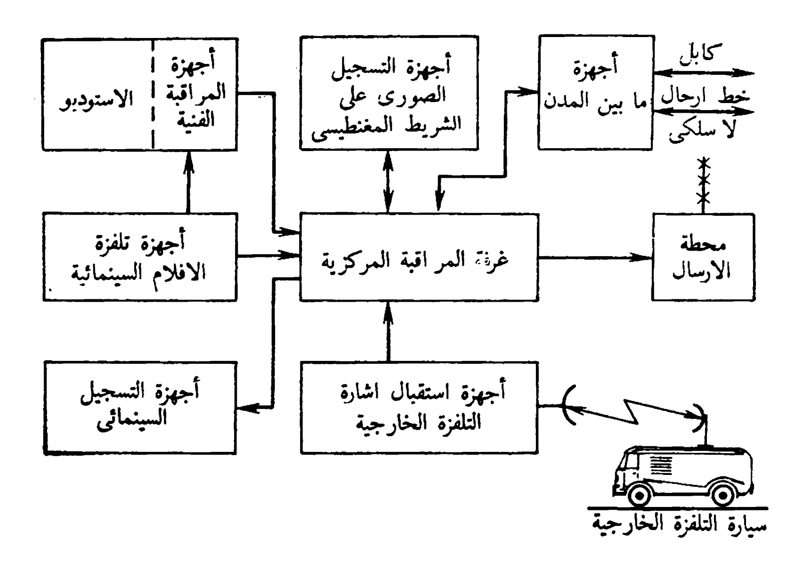
البند ١٦ ـ ١ محطات التلفزيون

يقصد بمحطة التلفزيون مجموعة المنشات والمعدات المخصصة لاحداث وارسال البرامج التلفزيونية الخاصة بها وارحال برامج المحطات التلفزيونية الاخرى وحفظ البرامج بالتسجيل على الفلم السينمائى او الشريط المغنطيسى .

ويمكن ان تدخل ضمن محطة التلفزيون تبعا لدرجة تجهيزها تكنولوجيا الاقسام الانتاجية التالية :

١ ـ قسم الاستوديوهات واجهزتها ؛
٢ ـ محطة الارحال اللاسلكى التلفزيونى ؛
٣ ـ سيارة الاذاعة التلفزيونية الخارجية (النقل الخارجى) ؛
٤ ـ قسم تسجيل البرامج التلفزيونية على الفلم السينمائى والشريط المغنطيسى ؛
٥ ـ قسم معدات تصوير ومعاملة (تحميض) الافلام السينمائية التلفزيونية (قسم السينما او استوديو السينما) ؛
٦ ـ قسم تجهيزات دخول الكابلات وخطوط الارحال اللاسلكى .

ويتم انشاء قسم الاستوديوهات واجهزتها والاقسام الاخرى ومحطة الارسال التلفزيونى اللاسلكى عادة فى نفس المنطقة وربما فى نفس المبنى ؛ وفيما اذا حالت الظروف المحلية دون ذلك ، ينشأ فى المنطقة المتوسطة للمدينة قسم الاستوديوهات واجهزتها فقط ، بينما تقام محطة الارسال خارج المدينة . وفى هذه الحالة يوصل قسم الاستوديوهات واجهزتها مع محطة الارسال بخط اتصال خاص عريض النطاق . ويبين الشكل ١٦ ـ ١ رسما تخطيطيا نموذجيا لمحطة التلفزيون .



الشكل ١٦ – ١. رسم تخطيطى نموذجى لمراحل محطة التلفزيون

البند ١٦ – ٢ قسم الاستوديوهات واجهزتها

تدخل ضمن قسم الاستوديوهات واجهزتها الاستوديوهات التلفزيونية وكاميراتها . واجهزة مراقبتها واجهزة التلسينما .

١) الاستوديوهات التلفزيونية : ان الاستوديو التلفزيونى عبارة عن قاعة معزولة جيدا عن الضوضاء والاهتزازات الخارجية التى تحدثها السيارات المارة عن كثب .

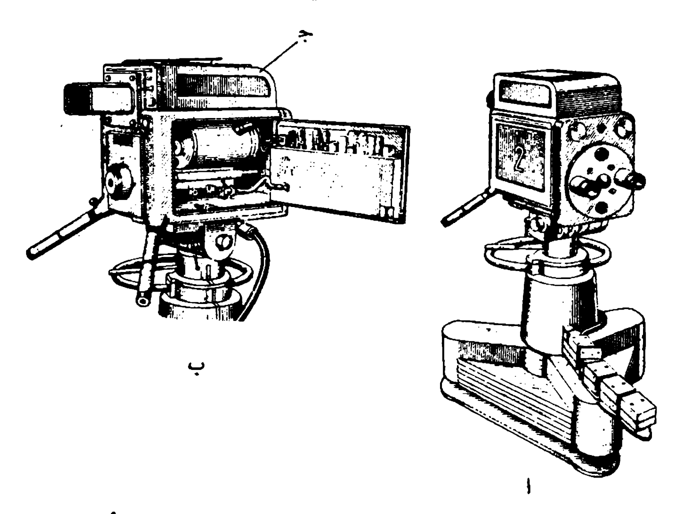
ولكى يمكن ارسال البرامج واجراء البروفات (التمارين) فى نفس الوقت ينبغى ان تشتمل محطة التلفزيون على عدة استوديوهات . وتبلغ مساحة الاستوديوهات الكبيرة مئات الامتار المربعة ومساحة الاستوديوهات الصغيرة عشرات الامتار المربعة .

وتركب فى الاستوديو اجهزة اضاءة عالية القدرة تتألف من مصادر الضوء « الغامر » او « القاعدى » ومصادر الضوء الكاشف الرئيسى او الموضعى (لانارة الاشياء المراد ارسالها) .

وطالما ان اجهزة الاضاءة تصدر كثيرا جدا من الحرارة ، ينبغى تجهيز الاستوديوهات بمعدات لتكييف الهواء كبيرة القدرة وتعمل بدون ضوضاء .

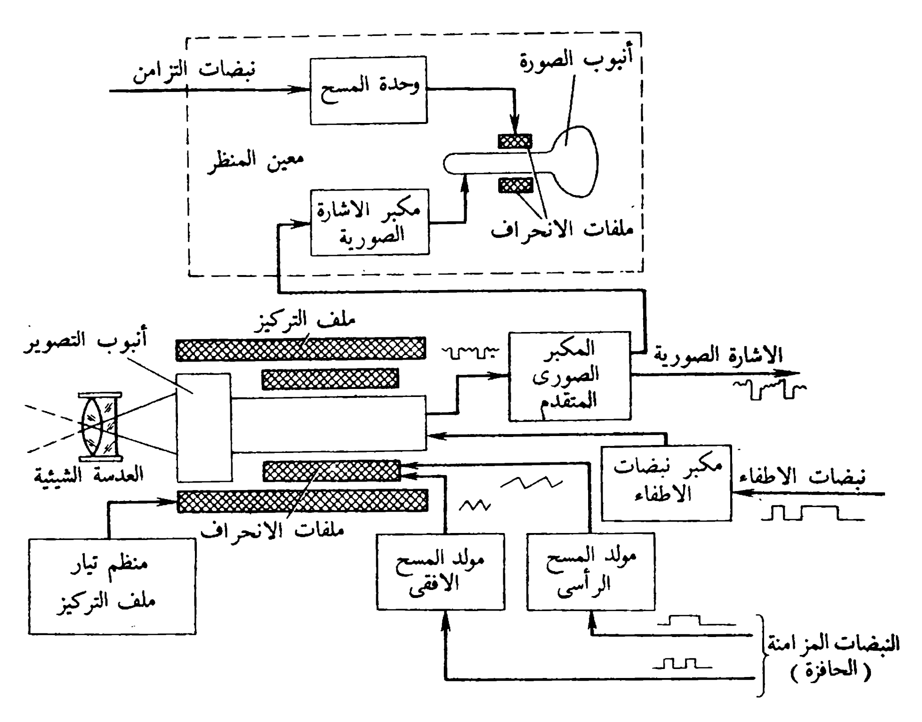
وتوضع فى الاستوديوهات الاجهزة التالية الخاصة بها : كاميرات التصوير التلفزيونى ، والميكروفونات التى تركب على مرفاعات (حوامل) خاصة ، واجهزة المشاهدة (المونيتورات) ، ومجموعات مجاهير المراقبة .

٢) كاميرات الاستوديوهات التلفزيونية : يبين الشكل ١٦ ــ ٢ كامير التصوير التلفزيونى KT-5 المخصصة للعمل فى الاستوديوهات .



الشكل ١٦ ــ ٢. الكاميرا التلفزيونية KT-5 المخصصة للاستوديوهات : أ ــ المظهر الخارجى ؛ ب ــ التركيب الداخلى ؛ ج ــ وحدة معين المنظر

وتذكر هذه الكاميرا بمظهرها الخارجى آلة التصوير السينمائى ، ويركب على جدارها الامامى برج دوار ذو عدسات ضوئية (لها ابعاد بؤرية مختلفة) ، بينما تركب على جدارها الخلفى شاشة معين (محدد) المنظر . ويركب داخل الكاميرا انبوب التصوير التلفزيونى مع منظومتى الانحراف والتركيز ، ووحدة مسح انبوب التصوير ، والمكبر المتقدم لاشارات الصورة ، ومكبر نبضات اطفاء انبوب التصوير ، وانبوب صورة معين المنظر الالكترونى مع منظومتى الانحراف والتركيز ، ووحدة مسح انبوب صورة معين المنظر (الشكل ١٦ ــ ٣) .



الشكل ١٦ — ٣ . رسم تخطيطى لمراحل كاميرا تلفزيونية مخصصة للاستوديوهات

ويصمم معين المنظر بأنبوب صورة ذى شاشة صغيرة القطر (١٣ سم مثلا) .

ويكون مستوى اشارة الصورة على مقاومة حمل انبوب التصوير عدة ملى فولطات عادة . ويقوم المكبر المتقدم لاشارات الصورة برفع هذا المستوى حتى ٥٠ — ١٠٠ ملى فولط ، ويقوم ايضا بالتوفيق بين معاوقة خرج الكاميرا والمعاوقة المميزة المنخفضة للكابل (ولهذا الغرض تصمم مرحلة خرج المكبر كتابع كاثودى) . ومن اجل خفض مستوى الضوضاء تستخدم فى المرحلة الاولى للمكبر المتقدم دائرة الكاسكود (صمام ذو كاثود مؤرض مع صمام ذى شبكة مؤرضة) .

وتركب الكاميرا على حامل (قاعدة) يكون عادة ذا تصميم تلسكوبى . وتستخدم داخل الحامل لتحريك الكاميرا رأسيا آلية مكونة من محرك كهربائى ومجموعة حبال معدنية وبكرات (دارات) . وقد استبدلت الية الادارة

الكهربائية فى الطرازات العصرية لحوامل الكاميرات بالية هيدروليكية تعمل بدون ضوضاء ولا تحدث مثل تلك التداخلات الكهربائية التى تحدثها ملامسات منظومة التحكم فى المحرك الكهربائى .

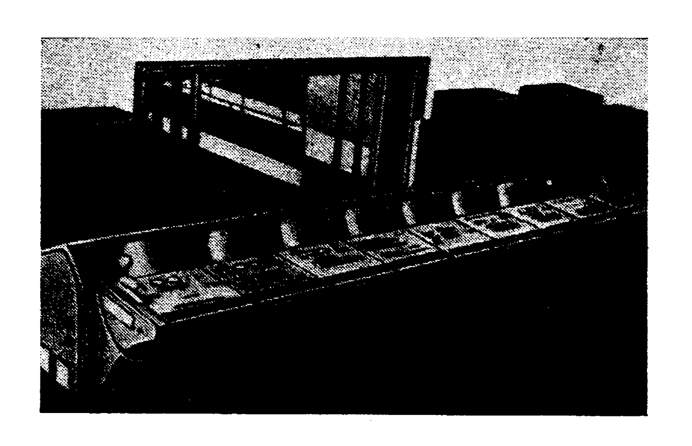
ويتم تركيز الصورة على لوح هدف انبوب التصوير فى الكاميرات المزودة بعدة عدسات بتحريك انبوب التصوير مع منظومتى الانحراف والتركيز او بتحريك البرج ذى العدسات . وتكون وسائل التحكم فى آلية ضبط حدة (تركيز) الصورة وتحريك الكاميرا رأسيا مربوطة تصميميا بالمقابض (الايادى) الكبيرة التى تدار بها الكاميرا .

ويستخدم معين المنظر لمشاهدة الصورة التى ترسل من خرج المكبر المتقدم الى القناة . ويقوم المصور التلفزيونى ، مهتديا بصورة معين المنظر ، بضبط حدة الصورة ومراقبة جودتها .

ومن اجل تسهيل استبدال انبوب التصوير وانبوب الصورة والوصول اليهما تركب بعض وحدات الكاميرا على شاسيهات رأسية مستوية تثبت بواسطة مفصلات . وتوضع حواكم الكاميرا على الجدار الخلفى والجدارين الجانبيين . وتوصل الكاميرا مع اجهزة التحكم (المراقبة) بواسطة كابل مرن كثير الموصلات يحتوى على عدة ازواج محورية لنقل الاشارات العريضة النطاق ؛ وتحجب الازواج الاخرى لتلافى التأثيرات المتبادلة بين الدوائر المختلفة .

وعند استخدام عدة عدسات فى الكاميرا يمكن تغيير ابعاد الصورة (الانتقال من اللقطة البعيدة الى اللقطة القريبة والعكس بالعكس) بدون تحريك الكاميرا . ويكون ذلك ملائما على الاخص لدى الاذاعة الخارجية ، كما فى حالة تلفزة الالعاب الرياضية . ولكن الكاميرا المتعددة العدسات تكون معقدة التصميم نوعا ما . ولذلك اخذ يشيع فى الآونة الاخيرة استخدام عدسات « الزوم » التى يمكن تغيير بعدها البؤري تغييرا متصلا.

٣) اجهزة مراقبة الاستوديو : توضع اجهزة مراقبة الاستوديو عادة فى غرفة مجاورة للاستوديو ، على مستوى الطابق الثانى ، بحيث يمكن مشاهدة كل ما يحدث فى الاستوديو من خلال نافذة تطل عليه من غرفة المراقبة . وتكون النافذة كبيرة وكتومة (عاولة) للصوت . ويركب امام النافذة كونسول



الشكل ١٦ – ٤. صورة عامة لكونسول مراقبة الاستوديو

(خزانة) التحكم والمراقبة (الشكل ١٦ – ٤) من اجل التحكم الهندسى الفنى فى الارسال .

ويشتمل الكونسول على عدة وحدات للتحكم فى الكاميرات وجهاز لاختيار اشارة الخط (جهاز المزج والتبديل) وقطاع خاص بمهندس الصورة وقطاع خاص بمهندس الصوت .

وتحتوى كل وحدة من وحدات مراقبة الكاميرات على مكبر معامل وجهاز مشاهدة (مونيتور) ووسائل للتحكم فى حالة تشغيل انبوب التصوير عن بعد ومولد لاشارات التظليل وراسم ذبذبات (او سيلوسكوب) مزدوج لمراقبة الشكل الموجى للاشارة .

وتسلط على دخل المكبر المعامل اشارة خرج المكبر المتقدم لكاميرا الاستوديو . ويقوم المكبر المعامل برفع مستوى هذه الاشارة حتى ١ فولط ، كما يضيف اليها نبضات الاطفاء ونبضات التظليل .

وتوصل الاشارات الخارجة من المكبرات المعاملة لوحدات مراقبة الكاميرات الى جهاز اختيار اشارة الخط الذى يحتوى على مكبر مازج ذى دخول عديدة لكل منها مكبره الخاص ، كما يحتوى على جهاز مشاهدة يسلط عليه خرج « مكبر الخط » (او « مكبر الاقرار ») . ويسمح جهاز اختيار الاشارة بالانتقال من كاميرا الى اخرى (فورا او « بانحلال تراكبى » اى تدريجيا) .

وتسلط اشارة خرج المكبر المازج على دخل « مكبر الخط » ، حيث تضاف نبضات التزامن ، وبهذا يتم تكوين الاشارة الصورية المؤلفة . وتنقل الاشارة الصورية المؤلفة من خرج « مكبر الخط » باتساع قدره عدة فولطات الى معدل جهاز ارسال الصورة .

ويوضع امام المخرج الذى يشرف على الارسال جهاز مشاهدة مستقل وميكروفون يستخدمه لاعطاء التعليمات الى الاستوديو . ولا ينقل المخرج اوامره ، اثناء الارسال والبروفات ، الا للمصورين والكهربائى المختص بالاضاءة ومساعد المخرج ، الموجودين فى الاستوديو ، عن طريق الاتصال التلفونى .

ويقوم بالتحويل من كاميرا الى اخرى مساعد المخرج الذى يكون موجود ا اثناء الارسال امام جهاز اختيار الاشارة .

٤) اجهزة التلسينما : ثمة طرائق كثيرة لتلفزة الافلام السينمائية . ولكن كل هذه الطرائق يمكن ان تصنف الى مجموعتين اساسيتين :

١ ــ المنظومات التى تستخدم انابيب التصوير ذات التخزين ؛

٢ ــ المنظومات التى تستخدم مبدا النقطة الطائرة .

وتقسم المنظومات التى تستخدم انابيب التصوير ذات التخزين بدورها الى طائفتين · المنظومات التى تعمل بحركة متقطعة للفلم واضاءة نبضية للكاثود الضوئى لأنبوب التصوير والمنظومات التى تعمل بحركة متصلة للفلم .

والاكثر شيوعا هى المنظومات التى تعمل بحركة متقطعة للفلم لأنها تسمح باستخدام اجهزة الاسقاط السينمائى العادية المستعملة فى دور السينما

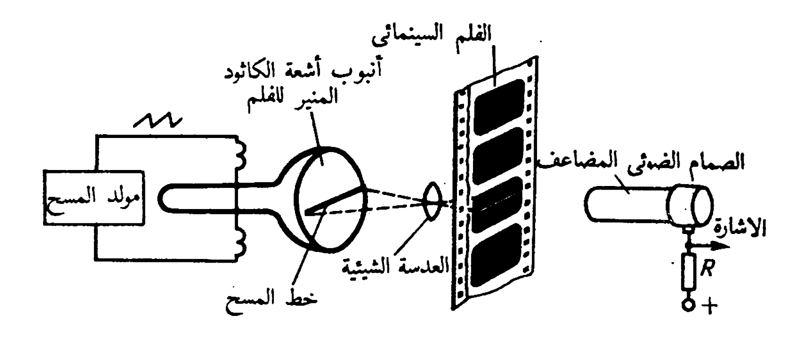
ويتميز جهاز الاسقاط السينمائى التلفزيونى عن الجهاز العادى بمعدل تكرار الاطار وتصميم القرص الغالق . ففى السينما يكون معدل تكرار الاطار عند تصوير واسقاط الصور ٢٤ اطار فى الثانية عادة ، بينما يشغل وقت ابدال الاطار فى جهاز الاسقاط السينمائى ذى « صليب مالطا » حوالى ٢٥٪ . وفى التلفزيون يجرى ارسال الصور حسب النظام القياسى بمعدل ٢٥ اطار فى الثانية ، بينما يبلغ وقت الارتداد الرأسى حوالى ٨٪ فقط . ولرفع معدل تكرار الاطار الى ٢٥ اطار فى الثانية تستبدل المحركات اللاتزامنية ذات السرعة ١٤٤٠ دورة فى الدقيقة بالمحركات التزامنية ذات السرعة ١٥٠٠ دورة

في الدقيقة ، كما تعدل نسبة نقل الحركة في آلية سحب الفلم . ولا يؤثر ذلك تقريبا على جودة الصورة والصوت .

وفي حالة اسقاط الصورة على لوح هدف انبوب التصوير خلال كل فترة وقوف الفلم ، لن تنار المجالات الزوجية الاخلال نصف امدها ، لأن نهاية المجال الثاني تتطابق عندئذ مع تغطية بوابة الفلم بالغالق وسحب الفلم . وينجم عن ذلك ان يكون الجزء العلوي والجزء السفلي للاطار مختلفي النصوع . ولتفادي ذلك تتم تلفزة الافلام السينمائية باضاءة لوح هدف انبوب التصوير بنبضات ضوئية في فترات الارتداد الرأسي فقط . ويستخدم من اجل ذلك غالق ذو فرجتين ضيقتين عرض كل منهما ٩° (عند دوران الغالق بسرعة ١٥٠٠ دورة في الدقيقة) او غالق ذو فرجة واحدة عرضها ١٨° (عند دوران الغالق بسرعة ٣٠٠٠ دورة في الدقيقة) .

وتستخدم في قسم التلسينما عادة ثلاثة اجهزة اسقاط وكاميرتان تلفزيونيتان ومنظومة بيروسكوبية من عدة مرايا تعمل كمبدل بصري « تقابلي متعدد » . وتتم تلفزة الفلم السينمائي بجهازي اسقاط وكاميرا واحدة . اما جهاز الاسقاط الثالث والكاميرا الثانية، فهما احتياطيان . وتسمح مرآة الامالة الموجودة في المبدل «التقابلي المتعدد» باسقاط الصورة على الكاثود الضوئي لانبوب التصوير من كل من جهازي الاسقاط على التوالي . وتتيح هذه الطريقة امكانية استخدام شتى انواع الكاميرات ، ومن ضمنها كاميرات الفيديكون التي صارت تستخدم في محطات التلفزيون. وعيب طريقة الحركة المتقطعة للفلم هو الاستهلاك السريع لثقوب الفلم والاستخدام السيء للتدفق الضيائي . وثمة آفاق واسعة امام اجهزة التلسينما التي تعمل بطريقة النقطة الطائرة . ففي هذه الاجهزة لا تستخدم انابيب التصوير ذات التخزين الباهظة التكاليف ، وتستخدم بدلا منها انابيب اشعة الكاثود المنيرة والصمامات الضوئية المضاعفة .

ويتحرك الفلم في منظومة النقطة الطائرة حركة منتظمة فيما بين شاشة انبوب اشعة الكاثود والصمام الضوئي المضاعف (الشكل ١٦ ــ ٥) . وينحرف الشعاع الالكتروني بالتردد الافقي في اتجاه عمودي على اتجاه حركة الفلم بحيث تمر النقطة الضوئية الطائرة على جميع عناصر الخط المناظر ، فيسري



الشكل ١٦ — ٥. مبدأ تلفزة الفلم السينمائى بطريقة « النقطة الطائرة » (فى حالة المسح التقدمى)

فى حمل الصمام الضوئى المضاعف تيار متناسب مع شفافية اجزاء الاطار الجارى ارساله . وهذا التيار هو الذى يحدث على الحمل فلطية الاشارة الصورية . ويمكن اجراء المسح الرأسى بتحريك الفلم نفسه .

وفى حالة المسح المتشابك ينبغى مسح الخطوط الفردية والزوجية لكل اطار على دفعتين . ويتم ذلك بالشطر البصرى للاطار او بمعادلة حركة الفلم (بصريا او الكترونيا) .

البند ١٦ـ٣ التأثيرات الخاصة فى الاذاعة التلفزيونية

من اجل توسيع الامكانيات الابداعية فى الاذاعة التلفزيونية تستخدم فيها ، كما فى السينما ، شتى الطرائق التكنولوجية لتكوين الصور المتركبة (المؤتلفة) .

وقد تبين ان الطرائق التلفزيونية لتكوين الصور المتركبة ، المعتمدة على استخدام دوائر الكترونية خاصة ، اكثر اقتصادية بكثير من الطرائق البصرية المستخدمة فى السينما . ويمكن توليد اشارات ابسط الصور ، كاشارة (ستارة المسرح « واشارة » المؤشر) بدوائر الكترونية غير معقدة نسبيا .

١) مولد اشارة « ستارة المسرح » : ان ارسال الاشارات التلفزيونية للستارة الحقيقية فى الفترات الفاصلة بين المشاهد غير اقتصادى جدا لأنه يستلزم استهلاك انبوب تصوير تلفزيونى كثير التكاليف .

25—2471

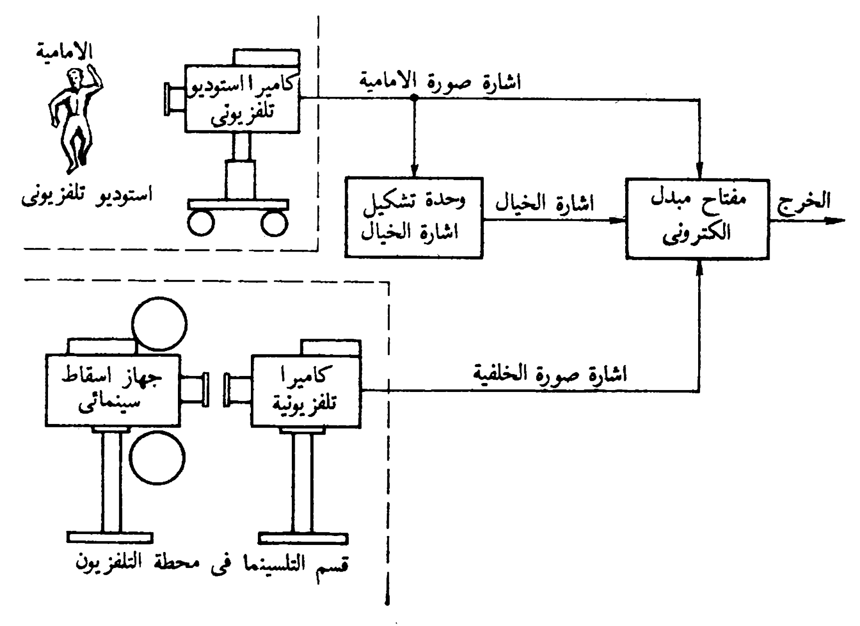
واساس دائرة مولد « الستارة » هو مذبذب جيبى يزيد تردده ١٠ ــ ١٥ مرة عن تردد المسح الافقى . وكما نعلم من الفصل السابع ، ان الاشارة التى ترددها من اضعاف تردد المسح الافقى تحدث على الشاشة صورة اشرطة متعاقبة سوداء وبيضاء تشبه الثنايا الرأسية لستارة المسرح . واذا كان تردد الاشارة غير مساو بدقة لاحد اضعاف تردد المسح الافقى ، فان صورة الاشرطة الرأسية سوف تتحرك افقيا حركة مشابهة لتموجات الستارة بتأثير الهواء .

ولاحداث تأثير مشابه لاضاءة الستارة اضاءة غير منتظمة تضاف الى الاشارة الاساسية فلطية سن منشار ذات تردد مساو لتردد المسح الافقى .

٢) اسقاط الخلفية الكترونيا : ان طريقة اسقاط الخلفية المأخوذة من فن السينما تتلخص فى ان الممثلين يؤدون المشهد المرغوب فى تصويره امام شاشة شبه شفافة تسقط عليها صورة ضوئية تبدو كخلفية للمشهد .

ولا يمكن تحقيق اسقاط الخلفية الكترونيا بمجرد التراكب البسيط لصورة على اخرى . فمن الضرورى ان تحل الامامية (صورة الممثل) محل الجزء المناظر من الخلفية (صورة الشاشة شبه الشفافة) . ولاجراء عملية الاحلال ينبغى الحصول على ما تسمى اشارة خيال الامامية المناظرة لمحيط ظل الشىء الموجود فى الامامية على الخلفية . ويتم ذلك بالاقتضاب المزدوج (من الاعلى والاسفل) للاشارة الصورية التى تنتج عند وضع الامامية على خلفية بيضاء او سوداء .

وتستخدم اشارة الخيال للتحكم فى عمل مفتاح مبدل الكترونى يقوم بتبديل خرجى مصدرى الاشارتين المناظرتين للامامية والخلفية (الشكل ١٦ ــ ٦) . لنفترض انه يجرى ارسال صورة ممثل يلقى شعرا على شاطىء بحر هائج . فعند ارسال اجزاء الصورة التى تغيب عندها اشارة الخيال تخرج من وحدة الاسقاط الالكترونى للخلفية الاشارة الصورية الواردة من قسم التلسينما (البحر الهائج) . وعند ظهور اشارة الخيال ، فى وسط الصورة ، تخرج من وحدة الاسقاط الالكترونى للخلفية الاشارة الواردة من الكاميرا المرسلة للامامية (صورة الممثل) .



الشكل ١٦ – ٦ . رسم تخطيطى لمراحل اسقاط الخلفية الكترونيا

وتستخدم طريقة الاحلال لاحداث الصور المتركبة فى الاذاعة التلفزيونية على نطاق واسع : لارسال صورة معلق رياضى داخل صورة ملعب ، وعرض صورتين فى آن واحد على شاشة جهاز التلفزيون مثل لقطة بعيدة لعملية جراحية ولقطة عن كثب لمجال العملية ، وتلفزة اشكال مختلفة من « الحجب » عند ظهور المذيع امام ستارة تنفتح ، وما الى ذلك . ويتم اجراء التأثيرات المذكورة بوحدات خاصة تسمح باحلال صورة محل اخرى باستخدام اشارات خيال تناظر اشكال هندسية منتظمة (كالمستطيل والمعين والمثلث والدائرة وما الى ذلك) .

البند ١٦ – ٤ سيارة التلفزة الخارجية

تتم الاذاعة التلفزيونية من خارج الاستوديوهات بواسطة محطة تلفزيونية متنقلة تركب داخل سيارة خاصة (سيارة التلفزة الخارجية او النقل الخارجى) .

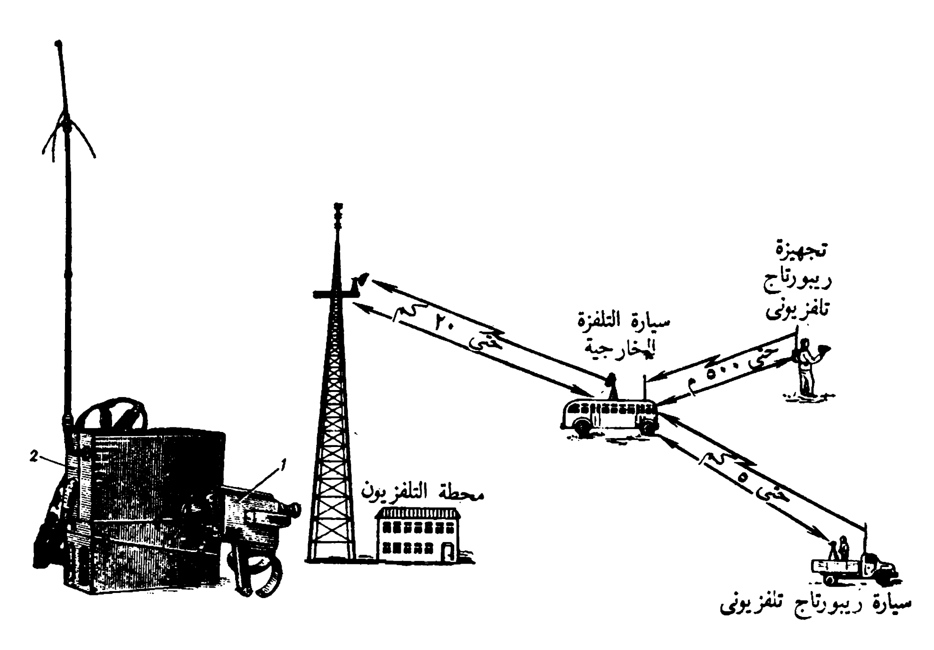
وتشتمل هذه المحطة على كاميرات تلفزيونية واجهزة تحكم ومراقبة صغيرة الابعاد (كونسول المخرج مع اجهزة المشاهدة ومولد التزامن ومكبر

الاقرار) وجهاز ارسال يعمل لدى الموجات الدقيقة (السنتيمترية) لنقل اشارتي الصورة والصوت الى محطة التلفزيون .

وتخرج الكاميرات من السيارة عند الارسال وتركب على حوامل خفيفة .

ويعمل جهاز الارسال على هوائي « الطبق » (القطعي المكافيء) الذي يوضع على سقف السيارة ويوجه نحو صاري محطة التلفزيون . وتركب على الصاري عدة هوائيات استقبال (اثنان او ثلاثة) من هوائيات « الطبق » توجه نحو المراكز الاساسية للنقل الخارجي (الملاعب الرياضية والمسارح وما الى ذلك) . وتوصل الاشارة التي يستقبلها الهوائي الى غرفة استقبال التلفزة الخارجية ومنها الى غرفة المراقبة التلفزيونية (الى جهاز اختيار الاشارة) .

وقد تم في الاتحاد السوفييتي حاليا تصميم اجهزة للريبورتاج التلفزيوني تركب على سيارة وتسمح باجراء الريبورتاج اثناء الحركة بسرعة تبلغ ٥ كم/ساعة . ويجري ارسال اشارة الصورة من سيارة الريبورتاج الى سيارة التلفزة



الشكل ١٦ – ٧. تجهيزات الريبورتاج التلفزيوني : أ – تجهيزة ريبورتاج تلفزيوني يمكن حملها (١ – كاميرا تلفزيونية ، ٢ – حقيبة ظهر) ؛ ب – طريقة استخدام تجهيزات الريبورتاج التلفزيوني

الخارجية ومنها الى محطة التلفزيون لاسلكيا . ويبلغ البعد الاقصى لسيارة الريبورتاج عن سيارة التلفزة الخارجية حوالى ٥ كم .

وقد تم ايضا تصميم تجهيزة ريبورتاج تلفزيونى نقالة (الشكل ١٦ — ٧ — — أ) تعمل مع سيارة التلفزة الخارجية .

وتتألف تجهيزة الريبورتاج النقالة من كاميرا صغيرة (وزنها حوالى ٢ كج) تعمل بأنبوب تصوير من نوع الفيديكون وحقيبة ظهر يوضع فيها مولد تزامن وجهاز ارسال لاسلكى وبطارية مركمات من الفضة الزنك . ويبلغ وزن حقيبة الظهر ١٤ كج تقريبا . وتسمح هذه التجهيزة باجراء الريبورتاج من مسافة تصل الى ٥٠٠ م من سيارة التلفزة الخارجية . ويبين الشكل ١٦ — ٧ — ب رسما تخطيطيا لاستخدام تجهيزات الريبورتاج .

البند ١٦ — ٥ محطة الارسال اللاسلكى التلفزيونية

تتألف محطة الارسال التلفزيونى من جهازى ارسال الصورة والصوت . وتشتمل محطة الارسال التلفزيونى عادة على عدة اجهزة ارسال اذاعى ذات تعديل تردد تعمل على الموجات المترية (VHF) . وكثيرا ما توضع جميع اجهزة الارسال فى غرفة واحد . ويعمل جهاز الارسال التلفزيونى (جهازا ارسال الصورة والصوت) على هوائى مشترك يركب على حامل يبلغ ارتفاعه عادة حوالى ٢٠٠ م ويكون على شكل برج اوصارى ذى حبال تثبيت . وتركب على هذا الحامل ايضا هوائيات اجهزة الارسال الاذاعى التى تعمل بتعديل التردد وهوائيات « الطبق » المستخدمة لاستقبال اشارات سيارة التلفزة الخارجية . وتركب « الاطباق » على شرفة خاصة وتكون عادة ذات آليات تسمح بادارتها عن بعد من غرفة اجهزة التلفزة الخارجية . وتجهز محطات التلفزيون السوفييتية عادة بأجهزة ارسال نموذجية قدراتها $\frac{٥٠}{١٥}$ ، $\frac{١٥}{٧}$ ، $\frac{٥}{٢}$ ، $\frac{٢}{١}$. $\frac{٥}{١٫٥}$ كيلوواط (وتذكر فى البسط قدرة جهاز ارسال الصورة ، بينما تذكر فى المقام قدرة جهاز ارسال الصوت) .

البند ١٦ ـ ٦ محطات الارحال التلفزيونية منخفضة القدرة

ان مدى الاستقبال المضمون للبرامج التلفزيونية محصور في حدود خط النظر (الهندسي) ويبلغ وسطيا ٦٠ ــ ٧٠ كم .

ويتم توسيع المنطقة المغطاة بالاذاعة التلفزيونية بانشاء محطات ارحال (تقوية) في مراكز المناطق الكبرى التي تبعد عن محطة التلفزيون المركزية للمقاطعة (الجمهورية) بحوالى ١٠٠ ــ ٢٠٠ كم . وتتكون محطة الارحال من جهاز استقبال خاص عالى الحساسية ذى هوائى عالى الكسب وجهازى ارسال (صورة وصوت) منخفضى القدرة يعملان على هوائى بشكل « الحاجز الدوار » .

وتغطى محطة الارحال التى تبلغ قدرتها ٥٠ ــ ١٠٠ واط منطقة نصف قطرها ٥ ــ ١٠ كم . ويتم الارحال على قناة تلفزيونية مختلفة حتى لا يؤدى الى تداخلات .

البند ١٦ ـ ٧ تحويل القياسيات التلفزيونية

تثار مسألة تحويل القياسيات التلفزيونية لدى تبادل البرامج التلفزيونية مع البلدان ذات النظام القياسى المختلف . ويمكن حل هذه المسالة مبدئيا بطريقتين : اما بطريقة الكترونية بصرية او بطريقة الكترونية بحتة .

وبموجب الطريقة الاولى يعاد انتاج الاشارة التلفزيونية المستقبلة غير القياسية على شاشة جهاز مساهدة (جهاز تلفزيون) خاص ثم يجرى اسقاط الصورة الناتجة على الكاثود الضوئى لانبوب تصوير ذى مسح قياسى .

وبموجب الطريقة الثانية يتم تسجيل الاشارة المستقبلة على لوح هدف انبوب تصوير خاص (جرافيكون) ثم تجرى « قراءتها » بواسطة شعاع الكترونى ينحرف حسب قانون المسح القياسى .

البند ١٦ ـ ٨ المنظومات المقفلة للاذاعة التلفزيونية

تدعى منظومة الاذاعة التلفزيونية بالمقفلة اذا كانت تعمل بدون اشعاع الى الفضاء . وقد بوشر باستخدام التجهيزات التلفزيونية المقفلة كوسائل للاعلام

من أجل نقل البرامج الفنية والتعليمية فى المحطات الكبرى للسكك الحديدية والمؤسسات التعليمية والمستشفيات وما الى ذلك . ومن البديهى ان يشيع استخدام المنظومات المقفلة فى سفن الركاب والطائرات والقطارات .

ويمكن ان تكون المنظومة التلفزيونية المقفلة مثلا عبارة عن مجموعة مؤلفة من جهاز تلفزيون وكاميرا تلفزيونية صغيرة الابعاد وجهاز تسجيل صورى مبسط . ومن المزمع انتاج مثل هذه المجموعة فى الاتحاد السوفييتى للسكان .

ولا يستطيع صاحب التجهيزة المذكورة تسجيل البرامج التى يرغب فيها فحسب ، بل يستطيع ايضا ان يقوم بتصوير افلام تلفزيونية بنفسه .

الفصل السابع عشر

توليف وضبط الاجهزة التلفزيونية

البند ١٧ ـ ١ فكرة عامة

ان ضبط الاجهزة التلفزيونية يتطلب استخدام مختلف اجهزة القياس اللاسلكية العامة (راسمات الذبذبات والمولدات المخبرية والفولطمترات الصمامية وما الى ذلك) واجهزة القياس التلفزيونية الخاصة : اجهزة قياس الاستجابة الترددية (مولدات اكتساح التردد) واجهزة قياس الاستجابة العابرة والمولدات الكهربائية لاشارات الاختبار وانابيب اشعة الكاثود الخاصة (كالمونوسكوب) وغيرها .

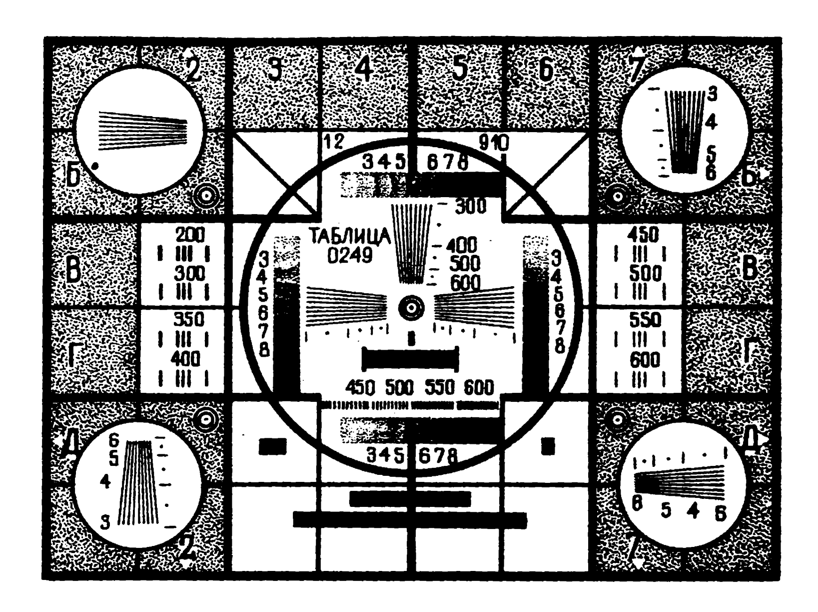
ويتم اختبار الاجهزة التلفزيونية والضبط النهائي لها « من الضوء الى الضوء بارسال صورة بصرية حقيقية (نمط او خريطة الاختبار عادة) تسقط على الكاثود الضوئي لأنبوب التصوير التلفزيوني .

ولاختبار وضبط العناصر المنفصلة للمنظومة التلفزيونية ، ولضبط وتوليف أجهزة التلفزيون تستخدم الاشارة الكهربائية التي تولدها كاميرا المونوسكوب (راجع الفصل السادس) ، كما تستخدم المولدات الكهربائية لاشارات الاختبار .

البند ١٧ ـ ٢ نمط الاختبار التلفزيوني

١) الغرض من نمط الاختبار : ان نمط (خريطة) الاختبار التلفزيوني المتخذ كقياسي في الاتحاد السوفييتي في الوقت الحاضر هو النمط TИT-0249 (الشكل ١٧ ـ ١) المخصص لنظام ٦٢٥ خط .

ويستعان بنمط الاختبار من أجل تحديد البارامترات الاساسية للصورة التلفزيونية : البيان (الاستبانة) ، والخطية (استقامة المسح) ، والتباين ،



الشكل ١٧ – ١ – نمط الاختبار التلفزيونى

وكذلك دقة تزامن المسح . ويسمح نمط الاختبار ايضا بتحليل اسباب تشوهات الاشارة وتوليف الاجهزة بحيث يتم الحصول على البارامترات المثلى للصورة .

ويستخدم النمط من أجل اختبار كل المنظومة التلفزيونية ابتداء من انبوب التصوير وانتهاء بأنبوب صورة جهاز الاستقبال .

ويمكن الحصول على الاشارة التلفزيونية لنمط الاختبار باسقاط صورة بصرية للنمط على الكاتود الضوئى لأنبوب التصوير ، او باستخدام انابيب خاصة من طراز المونوسكوب يطبع فيها نمط الاختبار على لوح الهدف مباشرة .

٢) تكوين نمط الاختبار : ان نمط الاختبار ТИТ-0249 عبارة عن ائتلاف لأشكال هندسية شتى . وهو مقسم الى مربعات يرمز لها بالارقام والحروف . وتستخدم الدائرتان الكبرى والصغرى من اجل تحديد خطية المسح . وتسمى الخطوط المتباعدة على شكل مروحة بالاسافين وتستخدم لتحديد البيان . وتستخدم لتحديد البيان ايضا مجموعات من شرط رأسية ذات ارقام وشرط منفصلة ذات ارقام .

وتستخدم الدوائر المتمركزة (المتحدة المركز) الموجودة فى وسط نمط الاختبار وفى المربعات Б2 ، Б7 ، Д2 ، Д7 من اجل اختبار جودة تركيز الشعاع .

ويوجد داخل الدائرة الكبرى شريطان رأسيان وشريطان افقيان قسم كل منها الى عشرة اجزاء متساوية ذات ظلال مختلفة للون الرمادى . وتستخدم هذه الاشرطة (المسماة بسلالم الرماديات) من اجل تحديد عدد تدرجات الرمادى التى يمكن تمييزها .

ويسمح الشريطان الافقيان الاسودان الموجودان فى اسفل نمط الاختبار والمستطيلان الموجودان فى المربعين Д3 و Д6 بتحديد وجود التشوهات لترددية والطورية لدى الترددات المنخفضة والمتوسطة . والغرض من قطرى لمربعين Б3 و Б6 هو تحديد دقة تشابك الخطوط الفردية والزوجية للهيكل لخطى فى حالة المسح المتشابك .

١) استخدام نسط الاختبار لتوليف الاجهزة : قبل تحديد بارامترات الصورة التلفزيونية ينبغى توليف جهاز الاستقبال التلفزيونى بدقة . ومن الضرورى قبل كل شيء ضبط النصوع العادى والحصول على تركيز جيد للصورة ، بحيث تكون الدوائر المتمركزة الموجودة فى المربعات Б2 ، Б7 ، Д2 ، Д7 بينه جيدا . وفيما اذا كانت الصورة غير مستقرة ، ينبغى ضبط ترددى مولدى المسح الرأسى والافقى فى جهاز التلفزيون بواسطة حاكمى « الثبات الرأسى » و« الثبات الافقى » .

وبعدئذ يضبط المقاس اللازم للصورة بواسطة حاكمى « العرض » و« الارتفاع » ، ثم يتم ضبط « الخطية الرأسية » للحصول على أحسن خطية (استقامة) للمسح الرأسى للصورة .

وبعد اجراء كل العمليات المذكورة يمكن الاقدام على تحديد بارامترات الصورة التلفزيونية .

٤) تحديد البيان : يتحدد بيان الصورة فى كل من الاتجاهين الافقى والرأسى بالعدد الاقصى للخطوط التى يمكن تمييزها .

ويتحدد البيان الافقى بواسطة الاسافين الرأسية الموجودة فى وسط نمط الاختبار وزاويتيه اليسرى السفلية واليمنى العلوية وكذلك مجموعات الشرط الرأسية الموجودة فى اسفل الدائرة الكبرى وفى المربعات Б2 ، Г2 ، B7 ، Г7 ايضا . وبالنظر الى الاسافين والشرط بامعان يمكن تحديد البيان الافقى بقراءة العدد المقابل للخطوط التى يرى كل منها على حدة .

ويتوقف البيان الافقى على عرض نطاق المنظومة التلفزيونية كلها . ويمكن حساب اعلى تردد لاشارة الصورة تمرره القناة بالعلاقة التقريبية :

$$f_{max} \approx \frac{4}{3} \frac{N_{max}}{2} Zn \qquad (17.1)$$

حيث N_{max} العدد لاقصى للخطوط الرأسية التى يمكن ان نميزها ؛ بينما Z عدد خطوط المسح ،

n —تردد الاطار .

واذا ظهر على الاسفين الرأسى شريط قاتم افقى يتقاطع معه ، فان ذلك يدل على وجود « دق » فى الاستجابة الترددية لمكبر ترددات اللاسلكى او مكبر التردد الاوسط او مكبر الاشارة الصورية . ويمكن تحديد تردد « الدق » من العلاقة 17.1 باستبدال N_{max} بعدد الخطوط المناظرة للدق ، اى المناظرة للشريط الافقى القاتم .

ويتحدد البيان الرأسى بواسطة الاسافين الافقية الموجودة فى وسط نمط الاختبار وزاويتيه اليسرى العلوية واليمنى السفلية . ويتوقف البيان الرأسى على عدد خطوط المسح Z ، كما يتوقف على جودة تركيز الشعاع وجودة المزامنة (اي يتوقف فى حالة المسح المشابك على دقة تشابك اوتتابع الخطوط الفردية والزوجية) ولا يتوقف على نطاق التمرير .

٥) تحديد الخطية (الاستقامة) : عندما تختل خطية (استقامة) المسح ، تتشوه هندسيا شتى عناصر الصورة (تتمطط او تنكمش) .

ويتم اختبار الخطية فى كل من الاتجاهين الافقى والرأسى على حدة . ويجرى ذلك بقياس عرض اعرض واضيق مربع من مربعات نمط الاطار .

ويتحدد معامل اللاخطية بالعلاقة :

$$K = \frac{a-b}{\frac{a+b}{2}} \cdot 100\% \qquad (17.2)$$

حيث a عرض اعرض مربع ،
بينما b عرض اضيق مربع .

ويعتبر عادة ان معامل اللاخطية على شاشة جهاز التلفزيون الشعبى يجب الا يتعدى ١٢ — ١٥٪ .

٦) اختبار جودة المسح المتشابك : فى حالة التزامن المستقر والتشابك الدقيق للخطوط الفردية والزوجية يكون قطرا المربعين Б3 و Б6 رفيعين ومستقيمين . وعند ازدواج الخطوط تظهر على القطرين درجات كدرجات السلم . وعند انطباق الخطوط الزوجية على الفردية تختفى الدرجات ، ولكن القطرين يصبحان اعرض . وفى نفس الوقت يقل عدد خطوط الاسافين الافقية التى يمكن تمييزها .

٧) التشوهات الترددية والطورية : تستخدم المستطيلات السوداء الموجودة فى وسط الدائرة الكبرى وفى المربعات Д3 ، Д6 ، E3 ، E4 ، E5 ، E6 من اجل تحديد وجود التشوهات الترددية والطورية فى المنظومة التلفزيونية .

واذا ظهرت على يمين المستطيلات « اذيال » او « لطخات » رمادية او فاتحة ، فمعنى ذلك انه توجد تشوهات . وتدل « اللطخات » الرمادية على سؤ تمرير الترددات المنخفضة والمتوسطة ، بينما تعنى « التخطيطات » البيضاء على الخطوط السوداء ان مستوى الترددات العليا مرفوع اكثر من اللازم (ظاهرة « الدق ») .

البند ١٧ — ٣ اجهزة المونوسكوب

ان جهاز المونوسكوب ذو دائرة مشابهة لدائرة كاميرا التصوير التلفزيونى ، ولكنه يستخدم المونوسكوب بدلا من انبوب التصوير التلفزيونى . وقد يزود جهاز المونوسكوب بجهاز مشاهدة من اجل مراقبة جودة الاشارة التلفزيونية التى يولدها .

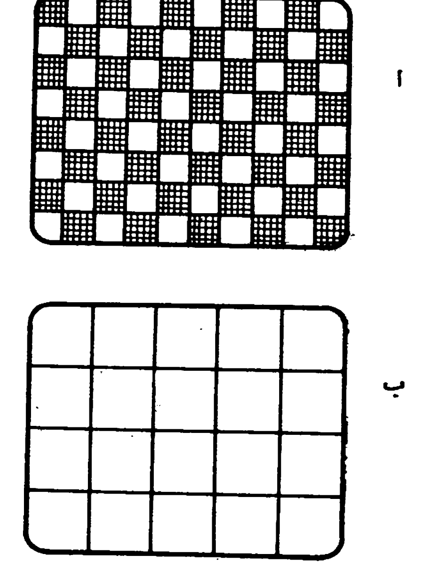
ويسمح استخدام اجهزة المونوسكوب بتوفير انابيب التصوير التلفزيونى ، اذ ان ارسال نمط الاختبار التلفزيونى الى محلات تصليح وبيع اجهزة التلفزيون يشغل يوميا عدة ساعات .

البند ١٧ ـ ٤ المولدات الكهربائية لاشارات الاختبار

مع ان المونوسكوب يعطى اشارة اختبار اعلى جودة من الاشارة التى تعطيها كاميرا التصوير التلفزيونى العادية ، نجد انه يسبب تشويهات مثل الاخلال بخطية المسح والاخلال بارسال تدرجات النصوع وما الى ذلك . ولذلك أخذت تشيع فى الوقت الحاضر مولدات كهربائية لاشارات الاختبار يتم فيها تكوين الاشارة بدائرة كهربائية بحتة بدون استخدام أنابيب اشعة كاثود او أجهزة بصريات الكترونية (الشكل ١٧ ـ ٢ ـ أ) .

واكثر المسائل تعقيدا هى مسألة تكوين الاشارة الكهربائية التى تعطى على شاشة انبوب الصورة صورة دائرة . ويعتبر وجود اشارة الدائرة من المرغوب فيه كثيرا ، اذ ان من السهل جدا تبين وجود التشوهات الهندسية على صورة الدائرة .

وقد شاعت المولدات المبسطة لاشارات الاختبار على نطاق واسع فى الاجهزة النقالة المخصصة لفحص اجهزة التلفزيون . وسنستعرض على سبيل المثال المبدأ تصميم مولدت اشارات « لوحة الشطرنج » و« الشباكة »



الشكل ١٧ ـ ٢ ـ الصور التى تعطيها المولدات الكهربائية لاشارات الاختبار : أ ـ نمط يستخدم الاختبار الخطية وقدرة التبين ونقل تدرجات النصوع ؛ ب ـ نمطا اختبار مبسطان : « لوحة الشطرنج » و« الشباكة » ؛ يسمحان بتحديد خطية المسح

(الخطوط المتقاطعة) المستخدمة لتحديد خطية مسح الصورة على شاشات اجهزة التلفزيون .

ويتم الحصول على اشارة « لوحة الشطرنج » (الشكل ١٧ — ٢ — ب) باستخدام مولد اختبار يولد موجة مستطيلة ترددها اكبر n مرة من تردد المسح الافقى فى جهاز التلفزيون (حيث n عدد المربعات البيضاء والسوداء فى الاتجاه الافقى) . وينبغى ان يتغير طور هذه الموجة المستطيلة تغيرا فجائيا بمقدار °١٨٠ (حيث m عدد المربعات البيضاء والسوداء فى الاتجاه الرأسى) .

وينجم عن تبدل الطور ان تنزاح المربعات بحيث تكون البيضاء تحت السوداء والسوداء تحت البيضاء .

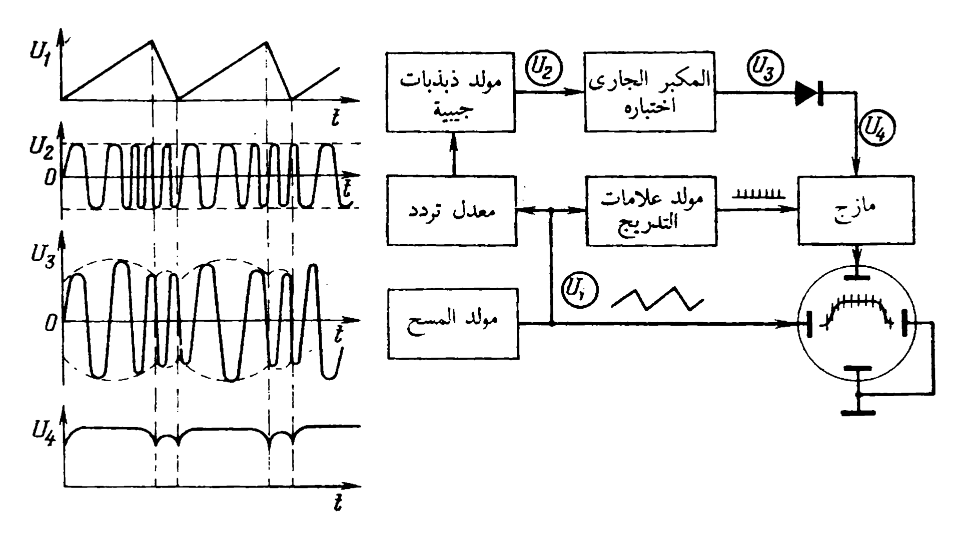
وفى مولدات اشارة « الشباكة » (الشكل ١٧ — ٢ — ب) يتم الحصول على الخطوط الافقية بتكوين نبضات أمدها مساو لفترة مسح الخط وتردد اعلى m مرة من تردد مسح الاطار (حيث m عدد الاشرطة الافقية) . ويتم الحصول على الخطوط الرأسية بتكوين نبضات أمدها مساو لأمد عنصر واحد من عناصر المسح وتردد تكرارها اعلى n مرة من تردد مسح الخط (حيث n عدد الخطوط الرأسية) .

ويمكن اختبار خطية المسح ومدى ترددات مذبذبات اجهزة التلفزيون بواسطة مولدات الذبذبات الجيبية ايضا . وتستخدم لاختبار الخطية الرأسية مولدات الترددات السمعية . وتسلط اشارة المولد على المكبر الصورى باتساع كبير لدرجة كافية ، بحيث يؤدى الحد من اتساعها الى ان يصبح شكلها الموجى مستطيلا (مربعا) تقريبا . ويمكن تحديد معامل اللاخطية بقياس عرض الاشرطة الافقية السوداء والبيضاء (العلاقة ١٧ — ٢) . ويتم تحديد مدى ترددات مذبذب المسح بادارة ضابط « الثبات الرأسى » الى اقصى اليمين ثم الى اقصى اليسار وتعيين اكبر واقل عدد للاشرطة الافقية السوداء والبيضاء الناتجة على شاشة انبوب الصورة :

$$f_{V\max} = \frac{2f}{m_{\min}} , \quad f_{V\min} = \frac{2f}{m_{\max}}$$

حيث f تردد الاشارة المأخوذة من المولد .

اما اختبار الخطية الافقية ومدى ترددات المذبذب الافقى ، فهو يستلزم استخدام مولد عالى التردد .



الشكل ١٧ — ٣ . رسم تخطيطي مبسط لمراحل جهاز قياس الاستجابة الترددية والاشكال الموجية لفلطيات مختلف نقاط دائرة الجهاز

البند ١٧ — ٥ اجهزة قياس الاستجابة الترددية (مولدات الاكتساح)

تسمح اجهزة قياس الاستجابة الترددية بمشاهدة شكل الاستجابة الترددية (على شاشة راسم الذبذبات) . كما تسمح فى حالة وجود علامات التدريج بالتقدير الكمى للتشوهات الترددية لدى اى جزء من مدى الترددات .

ويبين الشكل ١٧ — ٣ رسما تخطيطيا مبسطا لجهاز قياس الاستجابة الترددية . ويتألف هذا الجهاز من وحدتين اساسيتين هما : مولد اكتساح التردد وراسم الذبذبات الاكترونى . ويجرى التحكم فى مولد اكتساح التردد بفلطية سن المنشار المستخدمة للمسح (الاكتساح) فى راسم الذبذبات ، ولذا يكون تغير (تأرجح) التردد متزامنا مع وضع النقطة المضيئة على خط المسح (القاعدة الزمنية) على شاشة راسم الذبذبات : فعند تزايد فلطية سن المنشار يتزايد تردد المولد ، وفى نفس الوقت تتحرك النقطة المضيئة على خط المسح من اليسار الى اليمين .

ويعتمد الوضع الرأسى للنقطة المضيئة على فلطية خرج المكبر الجارى اختباره ، اى يعتمد على كسب المكبر عند التردد المعطى . ويمثل غلاف الموجة المعدلة التردد الخارجية من المكبر تابعية الكسب للتردد ، اى يمثل الاستجابة الترددية . ويتم استخلاص الغلاف (الاستجابة الترددية) بواسطة كاشف اتساع .

قائمة المصطلحات الفنية

ـ أ ـ

combination	ائتلاف
primary, initial	ابتدائى
stub	ابتر (قطاع خط نقل)
switching, change	ابدال
vision	ابصار
visual	ابصارى
emission	ابتعاث
secondary emission	الابتعاث الثانوى *
thermionic emission	الابتعاث الثرميونى
photoelectric emission	الابتعاث الكهرضوئى *
dimensions	ابعاد
directivity	الاتجاهية *
communication	اتصال
amplitude	الاتساع (قيمة ذروة الموجة)
broadcasting	اذاعة
playback	اذاعة التسجيل
telecasting TV broadcasting	اذاعة تلفزيونية
overall, total	أجمالى
locking	احكام
red (R)	احمر
wipe	احلال (صورة محل اخرى)
test	اختبار
defocusing	اختلال التركيز

* هذه المصطلحات هى المصطلحات الاكثر انتشارا فى هذا الكتاب

اختلال التوليف . . . . mistuning
أخضر . . . . green(G)
اخماد . . . . damping
ارتداد . . . . flyback
ارتعاش . . . . flicker
ارتفاع . . . . height, rise
الارحال اللاسلكي * . . . . radio relaying
ارسال . . . . transmission
ارسال تلفزيوني . . . . TV transmission
ارسال جزئي للنطاق الجانبي * . . . . vestigial sideband transmission
أرض . . . . earth, ground
ازالة التمغنط . . . . demagnetization
ازدواج أ. (الخطوط) * . . . . pairing
ازرق . . . . blue(B)
ازيز . . . . buzz
استاتي (ساكن) . . . . static
الاستبانة * . . . . definition, resolution
استثارة . . . . excitation
استجابة . . . . response
الاستجابة الترددية * . . . . frequency response
استجابة الاتساع (للتردد) * . . . . . amplitude (versus-frequency) response
استجابة الطور (للتردد) * . . . . phase (versus-frequency) response
الاستجابة العابرة * . . . . transient response
استرخاء . . . . relaxation
الاستضاءة (شدة الاضاءة) . . . . illuminance (E)[1]
استعدال (محاذاة) . . . . alignment
استقبال . . . . reception
استقبال الصوت (بقناة مشتركة) بطريقة التضارب بين الحاملتين . intercarrier sound reception
استقبال الصوت بقناة منفصلة * . . . . split sound reception
استقرار . . . . stability, stabilization
استقطاب . . . . polarization

---

[1] الرمز E هو الحرف الاول من الكلمة الفرنسية المرادفة Eclairiment

26—2471

studio . . . . استوديو
playback, reproduction . . . . (التسجيل) استعادة
DC restoration . . . . * (التيار المستمر) استعادة المركبة المستمرة
exponent . . . . أس
cylinder, drum . . . . اسطوانة
wedge . . . . اسفين
projection . . . . اسقاط
rear (-screen) projection, background projection . . . . . . * اسقاط الخلفية
black-and-white, monochrome . . . . أسود وأبيض
blacker-than-black . . . . أسود من الاسود
signal . . . . اشارة
blanking signal . . . . * اشارة الاطفاء
color-difference signal . . . . * اشارة الاختلاف اللونى
sync signal . . . . * اشارة التزامن
quadrature signal (Q) . . . . الاشارة التعامدية
chrominance signal . . . . * اشارة التلون
error signal . . . . اشارة الخطأ
silhouette signal . . . . * (الظل) اشارة الخيال
audio signal . . . . الاشارة السمعية
sound signal . . . . اشارة الصوت
picture signal . . . . اشارة الصورة
color picture signal . . . . اشارة الصورة الملونة
video signal . . . . * الاشارة الصورية
composite video signal . . . . * الاشارة الصورية المؤلفة
spurious signal . . . . اشارة طفيلية
color signal . . . . اشارة لونية
composite color signal . . . . * الاشارة اللونية المؤلفة
inphase signal . . . . * (I) الاشارة المتطاورة
composite color signal . . . . * الاشارة الملونة المؤلفة
brightness signal (Y) . . . . * اشارة النصوع
semiconductors . . . . اشباه الموصلات
saturation . . . . اشباع
radiation . . . . اشعاع
illumination . . . . اضاءة

stabilizing, stabilization . . . . اقرار (استقرار)
reproduction . . . . اعادة الانتاج
regeneration . . . . اعادة التوليد
recombination . . . . اعادة اتحاد (حوامل الشحنات)
design consideration . . . . اعتبارات تصميمية
reliability, dependability . . . . اعتمادية
clipping . . . . اقتضاب
sweep . . . . اكتساح (مسح)
aquadag . . . . اكواداج (جرافيت غرواني)
electrode . . . . الكترود (قطب كهربائي)
control electrode . . . . الكترود التحكم
focusing electrode . . . . الكترود التركيز
screening (accelerating) electrode . . . . الالكترود الحاجب (المعجل)
electrostatic . . . . الكتروستاتي
electron . . . . الكترون
electronic . . . . الكتروني
electronics . . . . الالكترونيات
metalizing . . . . المعدنة
aluminizing . . . . الألمنة *
mechanizm . . . . آلية
forward, front . . . . أمامي
foreground . . . . الامامية
Ampere (A) . . . . أمبير
optimal . . . . أمثل
duration . . . . أمد
tilt . . . . الامالة *
simultaneous . . . . آني
cathode-ray tube (CRT) . . . . أنبوب أشعة الكاثود *
pick-up (camera) tube . . . . انبوب التصوير *
picture (display) tube . . . . أنبوب الصورة *
camera tube . . . . أنبوب الكاميرا *
propagation, diffusion . . . . انتشار
selectivity . . . . انتقائية
deflection, deviation . . . . انحراف

electrostatic deflection . . . . * الانحراف الالكتروستاتى
frequency deviation . . . . * انحراف التردد
magnetic deflection . . . . * الانحراف المغنطيسى
voltage surge . . . . اندفاع الفلطية
lap dissolve . . . . * الانحلال التراكبى
bias . . . . الانحياز
shift, offset . . . . انزياح
loop . . . . انشوطة
reflection . . . . انعكاس
permeability . . . . الانفاذية (المغنطيسية)
refraction . . . . انكسار
breakdown . . . . انهيار
anode, plate . . . . أنود (مصعد)
simultaneous . . . . انى
automatic . . . . اوتوماتى
image orthicon . . . . * أورثيكون الصورة
intermediate . . . . أوسط
primary, preliminary . . . . أولى
Ohm(Ω) [1] . . . . أوم
iconoscope . . . . * الايكونوسكوب
image iconoscope . . . . * ايكونوسكوب الصورة
ion . . . . ايون
ionosphere . . . . الايونوسفير (الجو المتأين)

— ب —

parameter . . . . بارامتر (كمية مميزة /متغيرة القيمة/)
emitter . . . . باعث (مبتعث)
برمالوى (سبيكة من النيكل والنحاس عالية
permalloy . . . . الانفاذية المغنطيسية)
optical . . . . بصرى (ضوئى)
optics . . . . البصريات
electron optics . . . . * البصريات الالكترونية
battery . . . . بطارية
focal distance . . . . البعد البؤرى

---

[1] حرف يونانى كبير يلفظ « أوميجا »

بكرة	reel, pulley
البكرة الآخذة	take-up reel
البكرة العاطية	supply reel
بلاستيك فلورى	fluorine plastic
بلورة	crystal
بنية (بنيان)	structure
بوابة	gate
بؤرة	focus
بؤرى	focal
بوق	horn
بوليثيلين	poly- ethylene
بيان (استبانة) [تفاصيل الصورة]	resolution, definition, detail
البيان الافقى *	horizontal resolution
البيان الرأسى *	vertical resolution
البيروسكوب *	periscope
(مجموعة بصرية تتألف مثلا من مرآتين متوازيتين ومتقابلتين ترد الاشعة الى احداهما بزاوية ٤٥° فتنعكس عنها باتجاه معامد ثم تنعكس عن الاخرى متجهة بموازاة اتجاهها الاصلى)	
بيزوكهربائى (كهربائى اجهادى)	piezoelectric
بيكو (١٠ - ١٢)	pico- (p)
بيكوفاراد	picofarad (pF)

— ت —

تابع (قمر)	satellite
توابع الاتصالات *	communications satellites
التابع الباعثى *	emitter follower
التابع الكاثودى *	cathode follower
تأثير	influence, effect
التأثير البيزوكهربائى	piezoelectric effect
تأثير التقاربية *	proximity effect
التأثير الكهرضوئى *	photoelectric effect
تأرجح	swing
تأريض (توصيل بـ « الارض »)	earthing

التآلف . . . . compatibility
تألق . . . . brilliance, lumenescence
التباين . . . . contrast
تبديل (يوضع مفتاح كهربائى) . . . . switching, commutation
تتابعى . . . . sequential
تثبيت . . . . fixing, stabilization
التجاوز العابر * . . . . transient overshoot (δ) [1]
تجهيزة . . . . equipment, arrangement, apparatus
تحت الاحمر . . . . infra-red
تحديد الاتساع . . . . amplitude limiting
تحكم . . . . control
التحكم الاوتوماتى فى التردد * . . . . . automatic frequency control (AFC)
التحكم الاوتوماتى فى الكسب * . . . . automatic gain control (AGC)
التحكم الاوتوماتى فى النصوع * . . . . automatic brightness control
التحكم عن بعد . . . . remote control
تحويل . . . . transfer, trnsformation, conversion
تخلف . . . . lag, persistance
تخزين . . . . storage
تدرجات النصوع . . . . brightness gradations
تداخل . . . . interference
التدفق الضيائى * . . . . luminous flux (Φ) [2]
التدفق المغنطيسى . . . . magnetic flux (Φ)
تذبذب . . . . oscillation
تراكب . . . . overlap, superposition, superimposing
الترامز * . . . . coding, encoding
ترانزستور . . . . transistor
ترانزستور الانتشار . . . . diffused-junction transistor
ترانزستور بلانار . . . . planar transistor
ترانزستور ميسا . . . . mesa transistor
ترانزستور الوصلة المسبوكة . . . . alloy-junction transistor
التردد . . . . frequency (f)

---

[1] حرف يونانى صغير يلفظ « دلتا »

[2] حرف يونانى كبير يلفظ « فى »

تردد التضارب بين الموجتين الحاملتين * للصورة والصوت	intercarrier (beat) frequency
التردد الاطارى * (عدد الاطارات فى الثانية n)	frame (repetition) frequency
تردد الارتعاش الحرج *	critical flicker frequency
الترددات بعد العالية	ultra high frequencies (UHF)
التردد الزاوى	angular frequency (ω) [١]
الترددات العالية	high frequencies (HF)
الترددات العالية جدا	very high frequencies (VHF)
تردد القطع السفلى *	lower frequencies cut- off
تردد القطع العلوى *	higher frequencies cut- off
الترددات فوق السمعية	ultrasonic frequencies
الترددات فوق العالية	super high frequencies (SHF)
ترددات اللاسلكى	radio frequencies (RF)
تردد المسح الافقى (تردد مسح الخط) *	horizontal (line) (scan-ning) frequency (f_H)
تردد المسح الراسى (تردد مسح المجال) *	vertical (field) (scanning) frequency (f_V)
الترددات المنخفضة	low frequencies (LF)
ترشيح	filtration
تركيز	focusing, concentration
التركيز الالكتروستاتى *	electrostatic focusing
التزامن *	synchronization
التسارع	acceleration
السجيل الصورى (« المرئى ») *	video recording
تشابك	interlace, interleaving
التشابك الترددى *	frequency interlace
التشارك النطاقى *	band sharing
تشبع	saturation
تشتيت (الطاقة)	dissipation
تشكيل	shaping, formation
تشوه أو تشوية	distortion
تشوه البرميل *	barrel distortion
التشوهات الترددية *	frequency distortions

---

١ حرف يونانى صغير يلفظ « أوميجا »

quadrature distortions	التشوهات التعامدية *
trapezoidal (keystone) distortion	تشوه شبه المنحرف *
phase distortions	التشوهات الطورية *
non-linear distortions	التشوهات اللاخطية *
pincushion (pillow) distortion	تشوه مخدة الدابابيس *
aperture distortion	التشوه الناجم عن الفتحة (النقطة الماسحة)*
geometric distortions	التشوهات الهندسية *
disturbance	تشويش
correction	تصحيح
gamma correction	تصحيح الغاما *
aperture correction	تصحيح « الفتحة » *
design	تصميم
intercarrier beat	التضارب بين (الموجتين) الحاملتين (للصورة والصوت)
superheterodyne	التضارب الفوقى (السوبر هترودين) *
decaying, damping	تضاؤل
shading	تظليل
amplitude modulation (AM)	تعديل الاتساع
frequency modulation (FM)	تعديل التردد
quadrature modulation	التعديل التعامدى *
delay	تعوق أو تعويق (زمنى)
compensation	تعويض
feed, supply	تغذية
feedback	تغذية خلفية
picture detail (-s)	تفصيل (تفاصيل) الصورة
differential	تفاضل أو تفاضلى
tolerance	تفاوت (مسموح به)
shunting	تفريع (تيار)
centre tap	تفريعة منتصف
discharge	تفريغ (شحنة)
phosphorescence	التفسفر (الضيائية الفوسفورية)
multiplex	تقابلى متعدد
convergence	تقارب (الاشعة الالكترونية)
coupling	تقارن (قرن)
tight coupling	تقارن وثيق

lead . . . . تقدم (سبق)
progressive . . . . تقدمى
division . . . . تقسيم (قسمة)
rectification . . . . تقويم
integration . . . . تكامل
amplification . . . . تكبير
video amplification . . . . تكبير الاشارة الصورية
adaption . . . . التكيف للاستضاءة (التهيؤ)
accomodation . . . . التكيف للمسافة
formation, generation, shaping . . . . تكوين
scintillation . . . . تلألؤ
televising . . . . تلفزة
television (TV) . . . . التلفزيون
black-and-white television . . . . التلفزيون الاسود والابيض
stereo television . . . . التلفزيون المجسم
color television . . . . التلفزيون الملون
chrominance, coloring . . . . التلون (اللونية)
telecine . . . . التليسينما *
symmetrical . . . . تماثلى (متماثل)
wave, ripple . . . . تموج
smoothing, filtration . . . . تنعيم (ترشيح)
harmonic . . . . توافقى أو توافقية
timing . . . . تواقت
distribution . . . . توزع او توزيع
conduction, connection . . . . توصيل
wiring . . . . توصيلات سلكية
parallel connection . . . . توصيل على التوازى
series connection . . . . توصيل على التوالى
matching . . . . توفيق
tuning . . . . توليف
staggertuning . . . . توليف خلافى
fine tuning . . . . توليف دقيق
attenuation . . . . توهين
current . . . . تيار

تيار الاظلام	dark current
التيار المتردد	alternating current (AC)
التيار المستمر	direct current (DC)

— ث —

ثابت	constant
ثابت زمنى	time constant (τ) [1]
ثابت العزل	dielectric constant (ε) [2]
ثوابت موزعة	distributed constants
ثوابت مجمعة	lamped constants
ثالوث	triad
ثانوى	secondary
ثانية	second
ثبات	constancy, stability, hold
الثبات الافقى	horizontal hold
الثبات الرأسى	vertical hold
ثرميستور (مقاومة ذات معامل حرارى سالب كبير)	thermistor
ثرميونى (الكترونى حرارى)	thermionic
ثغرة	gap
ثقب	hole, aperture
ثنائى	binary, diode (D)
ثنائى الاتجاه	bidirectional, bilateral
ثنائى الاستقرار *	bistable
ثنائى بلورى	crystal diode
ثنائى زينر (مثبت الفلطية)	Zener diode
ثنائى الفاراكتور *	varactor diode
ثنائى السلك	bifilar
ثنائى القطب * (ديبول)	dipole
ثنائى اللون	dichroic
ثنائى الوصلة	junction diode

---

[1] حرف يونانى يلفظ « تاو »

[2] حرف يونانى يلفظ « ابسيلون »

- ج -

graphite . . . . جرافيت
aquadag . . . . جرافيت غروانى (أكواداج)
graphechon . . . . الجرافيون
loudness, sound volume . . . . الجهارة (حجم الصوت)
apparatus, device, set . . . . جهاز
television ransmitter . . . . جهاز الارسال التلفزيونى *
television receiver . . . . جهاز الاستقبال التلفزيونى *
recorder . . . . جهاز التسجيل
television set (receiver) . . . . جهاز التلفزيون
monitor . . . . جهاز المشاهدة (المراقبة)
potential, voltage . . . . جهد
quality, quality factor (Q) . . . . جودة

- ح -

screen, shield . . . . حاجب
diaphragm . . . . حاجز (ذوفتحة فى وسطه)
turnstile . . . . حاجز دوار
sharp . . . . حاد
front (leading) edge . . . . الحافة الامامية (المتقدمة)
back (trailing) edge . . . . الحافة الخلفية (المتخلفة)
control . . . . حاكم
contrast control . . . . حاكم التباين
automatic gain control (AGC) . . . . حاكم الكسب الاوتوماتى
gated (keyed) control . . . . حاكم الكسب الاوتوماتى المحوز
automatic brightness control . . . . حاكم النصوع الاوتوماتى *
state, condition . . . . حالة
carrier, support, pedestal . . . . حامل
charge carriers . . . . حوامل الشحنات
sound carrier (wave) . . . . حاملة الصوت *
picture carrier (wave) . . . . حاملة الصورة *
subcarrier (wave) . . . . حاملة فرعية
color subcarrier . . . . الحاملة الفرعية اللونية *

grain, dot . . . . حبيبة
induction . . . . حث
screen, shield, blind . . . . حجاب
gating, keying . . . . (انتقاء زمنى) حجز
sharpness . . . . (التفاصيل) حدة
iris . . . . حدقة العين
cross- talk (interference) . . . . حديث تداخل (تخالطى)
quadrature cross-talk . . . . الحديث التداخلى التعامدى *
thermal, thermionic . . . . حرارى
critical . . . . حرج
motion . . . . حركة
electron beam . . . . حزمة الكترونات (شعاع الكترونى)
sensitivity . . . . حساسية
noise immunity . . . . الحصانة ضد الضوضاء
fovea . . . . الحفرة المركزية (الشبكية العين)
drive . . . . حفز
overdrive . . . . حفز زائد
conservation, storage, memory . . . . حفظ
toroidal, ring circular . . . . حلقى
load . . . . حمل
diffraction . . . . حيود

– خ –

property (properties) . . . . خاصة (خواص)
characteristic . . . . خاصة مميزة
characteristic (s), feature (s) . . . . خاصة (خصائص)
choke (coil) . . . . خانق (ملف خانق)
test chart . . . . خريطة (نمط) اختبار
output . . . . الخرج
particularities, features . . . . خصوصيات
line . . . . خط
delay line . . . . خط تعويق (تأخير)
supersonic delay line . . . . خط التعويق فوق السمعى
feeder, feeding line . . . . خط تغذية

spiral line	خط حلزونی
balanced line	خط متوازن
coaxial line	خط محوری
balanced turn line	خط مزدوج متوازن
line of sight	خط النظر
transmission line	خط نقل
flyback (retrace) lines	خطوط الارتداد (الرجوع) *
active (scanning) lines	خطوط المسح الفعالة *
linearity	الخطية (الاستقامة)
de-emphasis	خفض الذروة (فی جهاز الاستقبال)
fading	خفوت
background	الخلفية
cell	خلية
photoelectric cell	الخلية الكهرضوئية *
silhouette, image	خيال

— د —

drum	دارة (اسطوانة دوارة)
function	دالة
circuit, network	دائرة /كهربائية/
resonant circuit	دائرة رنين
short circuit	دائرة قصر
closed circuit	دائرة مقفلة
open circuit	دائرة مفتوحة
input	الدخل
degree, step, graduation	درجة
step voltage	درجة فلطية (على شكل درجة سلم)
degree Kelvin (K)	درجة كلفن
Kelvin temperature (T)	درجة حرارة كلفن (درجة الحرارة المطلقة)
shield	درع (حاجب)
support	دعامة
drive, impulse	دفع
impulse, burst	دفعة (نبضة أو مجموعة ذبذبات)
color (subcarrier) burst	دفعة الحاملة الفرعية اللونية

ringing . . . . الدق (ذبذبات متضائلة)
accuracy, precision, fineness . . . . دقة
refractive index (n) . . . . دليل الانكسار
tape guide . . . . دليل الشريط
wave guide . . . . الدليل الموجي
period, cycle, role . . . . دور
rotation, cycle . . . . دورة
periodic . . . . دوري
dipole . . . . الديبول (ثنائي القطب) *
folded dipole . . . . الديبول المطوي *
decibel (dB) . . . . ديسيبيل
dynamic . . . . ديناميّ (تحريكي)
dynode . . . . دينود (الكترود مضاعف الكترونات)
memory . . . . ذاكرة
oscillation, cycle . . . . ذبذبة
parasitic oscillations . . . . ذبذبات طفيلية
peak, top . . . . ذروة
trailer . . . . ذيل

— ر —

magnetic head . . . . رأس مغنطيسي
oscilloscope . . . . راسم الذبذبات (الاوسيلوسكوب)
vertical . . . . رأسي
quarter- wave . . . . ربع موجي
diagram . . . . رسم تخطيطي (بياني)
circuit- diagram . . . . رسم تخطيطي للدائرة
block- diagram . . . . رسم تخطيطي للمراحل
vector diagram . . . . رسم متجهات
vitreous humor . . . . الرطوبة الزجاجية (للعين)
aqueous humor . . . . الرطوبة المائية (للعين)
pre- emphasis . . . . رفع الذروة (في جهاز الارسال) *
noise figure (N) . . . . رقم الضوضاء *
foil (-s) . . . . رقيقة (رقائق)
resonant . . . . رنان

رنين التوازى	parallel resonance
رنين التوالى	series resonance
الرنين المغنطيسى الحديدى *	ferromagnetic resonance
رواق	porch
الرواق الامامى	front porch
الرواق الخلفى	back porch
الرواق « الصوتى »	"sound" porch
رؤية	vision, sight, visibility
الزاوية المجسمة *	solid angle (Ω) [1]
الزاوية نصف القطرية المجسمة	steradian
زحزحة الطور	phase shift
الزمن	time (t)
زوجى	even
الزوم (عدسة ذات بعد بؤرى متغير)	zoom, zoomer
الزيغ الكروى *	spherical aberration
الزيغ اللونى *	chromatic aberration

— س —

سالب	negative
ستارة	curtain
سحب (الفيلم)	pull- down
السرعة	velocity
سطح	surface
سطوع	brightness
سعة (مكثف)	capacitance
سعة التوصيلات	wiring capacitance
السعة الشاردة	stray capacitance
السعة الموزعة	distributed capacitance
سلبى (غير فعال)	passive
سلس	smooth
سلسلة نبضات	pulse train
سلم (مقياس) الرماديات	gray scale

[1] حرف يونانى كبير يلفظ « اوميجا »

سماعة . . . . speaker, headphone
سمعي . . . . audio
سن منشار . . . . sawtooth
سيارة التلفزة (الاذاعة) الخارجية * . . . . outside broadcasting van

– ش –

شارد . . . . stray
شاسيه . . . . chassis
شاشة (التلفزيون او السينما) . . . . screen
شاطر الطور . . . . phase splitter
شباكة . . . . grating
شبكة . . . . grid, mesh, network
الشبكة الحاجبة . . . . screen (ing) grid
الشبكة الحاكمة (شبكة التحكم) . . . . control grid
شبكة الهدف . . . . target mesh
شبكية العين * . . . . retina
شبه المنحرف . . . . trapezoid
شحن أو شحنة . . . . charge
شدة . . . . intensity, strength
شدة التيار . . . . current intensity (I)
الشدة الضيائية . . . . luminous intensity (I)
شدة المجال الكهربائي * . . . . electric field strength (E)
شدة المجال المغنطيسي . . . . magnetic field strength
شرطة (شرط) . . . . dash (-es)
شريحة . . . . strip, slide
شريط . . . . tape, stripe, bar, band
شريط افقي (في صورة) . . . . horizontal bar
شريط راسي (في صورة) . . . . vertical bar
شريط مغنطيسي . . . . magnetic tape
شريط الومنيوم . . . . aluminum band
شفاف . . . . transparent
شعاع . . . . ray, beam
شعاع الكتروني . . . . electron beam

light ray (beam)	شعاع ضوئى
return beam	الشعاع العائد
scanning beam	الشعاع الماسح
form, shape, figure	شكل
Lissajous figures	اشكال ليساجو
waveform	الشكل الموجى
candle, candella	شمعة
object	شئ مرئى
objective	الشيئية

— ص —

mast	صارى
echo	صدى
arrays	صفوف هوائيات
sclera	صلبة العين
Maltese cross, Geneva wheel	صليب مالطا *
tube, valve (V)	صمام (الكترونى)
triode	صمام ثلاثى الالكترودات
diode	صمام ثنائى
pentode	صمام خماسى
multiplier phototube	صمام ضوئى مضاعف
vaccum tube (valve)	صمام مفرغ
sound, voice	صوت
accompanying sound	الصوت المصاحب
split sound	الصوت المنفصل *
picture, image	صورة
optical image	صورة بصرية
television picture	صورة تلفزيونية
charge (potential) picture	صورة شحنات (جهد)
video	صورى

— ض —

adjustment	ضبط
light	ضوء ضوء
key light	الضوء الرئيسى

flood light . . . . الضوء « الغامر »
base light . . . . الضوء « القاعدى »
spot light . . . . الضوء « الموضعى »
noise . . . . ضوضاء
thermal noise . . . . الضوضاء الحرارية *
shot noise . . . . الضوضاء الطلقية *
random noise . . . . الضوضاء العشوائية
impulse noise . . . . الضوضاء النبضية *
luminous . . . . ضيائى
luminescence . . . . الضيائية *

— ط —

energy . . . . طاقة
parabolic dish . . . . الطبق القطعى المكافىء *
natural . . . . طبيعى
side, terminal . . . . طرف
transmitting side . . . . الطرف المرسل
receiving side . . . . الطرف المستقبل
method, system, way . . . . طريقة
parasitic, spurious . . . . طفيلى
hum . . . . الطنين (مويجات منبع القدرة) *
phase (φ)[1] . . . . الطور
wave- length (λ)[2] . . . . الطول الموجى
spectrum . . . . طيف
discontinuous spectrum . . . . طيف غير متصل
continuous spectrum . . . . طيف متصل
spectral . . . . طيفى

— ظ —

phenomenon, effect . . . . ظاهرة
skin effect . . . . الظاهرة السطحية

---

[1] حرف يونانى صغير يلفظ « فى »
[2] حرف يونانى يلفظ « لامدا »

ظاهرة الظلال (التظليل) . . . . shadow (shading) effect
الظاهرة الكهرضوئية * . . . . photoelectric effect
ظاهرة الموصلية الكهرضوئية * . . . . photoconductive effect
ظاهرى . . . . apparent
ظل . . . . shadow

– ع –

عابر . . . . transient
عازل . . . . isolator, insulator
عازل (كتوم) للصوت . . . . soundproof
عاكس . . . . inverter, reflector
عاكس الطور . . . . phase inverter
عامل (معامل) . . . . factor, coefficient
عجلة . . . . wheel
عداد ثنائي . . . . binary counter
عدد خطوط المسح * . . . . number of (scanning) lines (Z) [1]
عدسة . . . . lens
عدسة مجمعة (مقربة) . . . . convergent lens
عدسة مفرقة (مبعدة) . . . . divergent lens
عربة التلفزة (الاذاعة) الخارجية * . . . . . . outside broadcasting van (OBV)
عرض . . . . width, display
عرض (اعادة انتاج) التسجيل الصورى . . . . video playback
عرض النطاق (الترددى) . . . . bandwidth
عشوائي . . . . random
عصب . . . . nerve
عصرى . . . . modern
عطب . . . . failure, defect
عكسى . . . . reverse
عمق التعديل . . . . modulation depth
عنصر . . . . element
عنق (انبوب الصورة) . . . . neck

[1] الحرف الاول من الكلمة الالمانية المرادفة Zeilenzahl

العول . . . . reliability
عيب . . . . drawback, disadvantage, defect

—غ—

الغالق . . . . shutter
الغاما * . . . . gamma (γ) [1]
غرفة (أجهزة) المراقبة * . . . . control room
غلاف . . . . envelope, case, bulb
غلاف الموجة . . . . wave envelope

—ف—

فاراد . . . . Farad (F)
فاراكتور (مكثف تعتمد قيمته على الفولطية) . . . . varactor
فاريستور (مقاومة تعتمد قيمتها على الفلطية) . . . . varistor
voltage- depending resistor (VDR)
فاصل التزامن * . . . . sync separator
فتحة . . . . aperture
فترة . . . . interval, period
فتيلة (التسخين) . . . . filament, heater
فجوة رنانية . . . . resonant cavity
فردي . . . . odd
فسيفساء (موازييك) . . . . mosaic
فصل . . . . separation
فعال . . . . effective, active
فعالية . . . . effectiveness, efficiency
فقد (مفقودات) . . . . loss (-es)
فك التقارن . . . . decoupling
فك الترامز . . . . decoding
فلطية (جهد أو فرق جهد) . . . . voltage (V)
فلطية التسخين . . . . heater voltage
فلطية حافزة . . . . driving voltage

---

[1] حرف يوناني صغير يلفظ « غاما » (جاما)

saw- tooth voltage	فلطية سن منشار
cut- off voltage	فلطية القطع
power- supply voltage	فلطية المنبع
bias voltage	فلطية الانحياز
fluorescence	الفلورية * (ضيائية تزول بعد زوال المؤثر بأقل من ١٠ – ٨ ثانية)
ultra- violet	فوق البنفسجى
volt (V)	فولط
vidicon	الفيديكون *
ferrite	فيريت

– ق –

plug	قابس (فيشة)
dark	قاتم
pedestal	قاعدة
trigger	قدح
power (p)	القدرة
dissipated power	القدرة المشتقة (المبددة)
resolving power, resolution	قدرة التحليل او التبين *
bombardment	قذف
Nipkow disc	قرص نيبكو *
coupling	قرن (تقارن)
cornea	قرنية العين
inertia	قصور (ذاتى)
bars	قضان (شبكية) العين *
section	قطاع (قسم)
polarity	قطبية
diameter	قطر
cut-off	قطع
magnetic core	قلب مغنطيسى
claping	القمط* (استعادة المركبة المستمرة)
channel	قناة
shadow (aperture) mask	قناع الظل * (قناع مثقب)

force (F) . . . . قوة
electromotive force (E) . . . . قوة دافعة كهربائية
measurement . . . . قياس
standard . . . . قياسي

– ك –

coaxial cable . . . . الكابل المحوري
cathode . . . . كاثود (مهبط)
thermionic cathode . . . . الكاثود الحراري (الترمتوني)
photocathode . . . . الكاثود الضوئي
refractive . . . . كاسر للضوء
cascode . . . . الكاسكود *
detector, demodulator . . . . كاشف (كاشف التعديل)
amplitude detector . . . . كاشف الاتساع *
frequency detector . . . . كاشف التردد *
phase detector . . . . كاشف الطور *
ratio detector . . . . كاشف النسبة *
television camera . . . . الكامير التلفزيونية
candella . . . . كانديلا (شمعة)
kinescope, picture tube . . . . الكاينسكوب (انبوب الصورة)
piston . . . . كباس
supression . . . . كبت
mass (m) . . . . الكتلة
chromatron . . . . الكروماترون
gain . . . . الكساب (التكبير)
efficiency (η)[1] . . . . الكفاية
luminous efficiency . . . . الكفاية (الفعالية) الضيائية *
"cloche" (bell) . . . . « كلوش » (جرس)
"anticloche" . . . . « كلوش » عكسي
quantum . . . . الكم
quantity . . . . كمية

---

[١] حرف يوناني يلفظ « إيتا »

كهربائي	electric
كهربائي اجهادي (بيزوكهربائي)	piezoelectric
كهرضوئي (كهربائي ضوئي)	photoelectric
كهرمغنطيسي (مغنطيسي كهربائي)	electromagnetic
كوارتز	quartz
كولون	coulomb
كونسول التحكم	control console
كيلو (١٠٠٠)	kilo-(k)
كيلوفولط	kilovolt (kV)

– ل –

اللاخطية	non- linearity
لاسلكي	radio, wireless
لاقط (اشارة)	pick-up
لحظي	instantaneous, momentary
لطخة	smear, trailer
لفة	turn
لقطة قريبة (عن كثب)	close up shot
لقطة بعيدة	long shot
لوح	plate
لوح الاشارة *	signal plate
لوح الهدف *	target plate
لوحة	panel, board, picture
اللوحة الامامية للجهاز	front panel
لوحة شطرنج	checkerboard
لوغاريتم	logarithm (log)
لوكس	lux
لومن	lumen
لون أساسي (أولي)	primary color
لون متحكم	complementary color
لونية	chromaticity

substance, matterial . . . . مادة
dielectric, insulating matterial . . . . مادة عازلة
phosphor, phosphorescent matterial . . . . مادة متفسفرة
mixer . . . . مازج
direct . . . . مباشر
light (charge) storage principle . . . . . (الشحنات) مبدأ تخزين الضوء
switch, commutator . . . . مبدل
electronic switch (commutator) . . . . مبدل الكترونى
available, permissible . . . . مفتاح
inherent . . . . متأصل
compatible . . . . متآلف
vector . . . . (متجه (كمية موجهة
lagging, trailing . . . . متخلف
synchronous . . . . متزامن
equipotential . . . . متساوى الجهد
Fourier series . . . . متسلسلة فورييه
continuous, connected . . . . متصل
in-phase . . . . متطاور
requirements . . . . متطلبات
neutral, compensated . . . . (معادل (محايد
successive, cascoded . . . . متعاقب
symmetrical . . . . (متماثل (تماثلى
concentric . . . . (متمركز (متحد المركز
middle, intermediate . . . . متوسط
ideal, idealized . . . . مثالى
field . . . . مجال
leakage field . . . . مجال التسرب
fringing (fringe) field . . . . (مجال التهدب (الحافة
electric field . . . . مجال كهربائى
scanning field . . . . مجال المسح
magnetic field . . . . مجال مغنطيسى
potentiometer . . . . (مجزئ جهد (بوتنشيومتر
loudspeaker . . . . المجهار

inductance (L) . . . . محاثة (ملف)
stray inductance . . . . المحاثة الشاردة
alignment . . . . محاذاة (استعدال الاتجاه)
collector . . . . مجمع
shielded . . . . محجب
limiter, clipper . . . . محدد
motor . . . . محرك
resultant . . . . محصل
station . . . . محطة
relay station . . . . محطة الارحال (التقوية) *
television station . . . . محطة التلفزيون *
terminal station . . . . المحطة الطرفية (الانهائية)
transformer, transducer, converter . . . . محول
piezo-electric transducer . . . . محول بيزوكهربائى
frequency converter . . . . محول (مغير) تردد
power transformer . . . . محول قدرة
erase . . . . محو (التسجيل)
coaxial . . . . محورى (متحد المحور)
director . . . . مخرج سينمائى أو تلفزيونى)
cone . . . . مخروط
cones . . . . مخاريط (شبكية العين) *
damper . . . . مخمد
orbit . . . . مدار
vision persistance . . . . مداومة الابصار *
screen persistance . . . . مداومة الشاشة *
track . . . . مدرج (التسجيل)
electron gun . . . . مدفع الالكترونات *
range . . . . مدى
oscillator . . . . مذبذب (متذبذب)
Colpitts oscillator . . . مذبذب كولبتز * (مذبذب LC ذوتغذية خلفية سعوية)
blocking oscillator . . . . المذبذب المانع *
multivibrator . . . . المذبذب المتعدد (التوافقيات) *
mirror . . . . مرآة
square . . . . مربع

reference	مرجع (مرجعى)
stage	مرحلة (تكبير)
component	مركبة
AC component	مركبة مترددة (تيار متردد)
DC component	مركبة مستمرة (تيار مستمر)
boom	مرفاع (الميكروفون)
elbow	مرفق
centering, centring	مركزة
advantages	مزايا
synchronization	مزامنة
double, twin, paired	مزدوج
boule-tuned	مزدوج التوليف
phase shifter	مزحزح الطور
path, track	مسار
induced	مستحث
rectangule, rectangular	مستطيل
level	مستوى
white level	مستوى الابيض *
black level	مستوى الاسود*
blacker-than- black level	متسوى اسود من الاسود *
blanking (pedestal) level	مستوى (نبضات) الاطفاء *
noise level	مستوى الضوضاء
cut- off level	مستوى القطع
sync level	مستوى نبضات التزامن *
plane	مستوى
progressive (sequential) scanning	المسح التقدمى (التتابعى) *
interlaced (interleaved) scanning	المسح المتشابك *
permissible	مسموح به
radiator	مشع
Tungsten lamp	مصباح تنجستين
fluorescent lamp	مصباح فلورى
incandescent lamp	مصباح متوهج
neon lamp	مصباح نيون
source	مصدر (اشارة)

مصفوفة الترامز *	coding matrix
مصمت	solid
مصهر	fuse
مصيدة	trap
مصيدة الايونات *	ion trap
مضاعف الالكترونات	electron multiplier
مضاعف الفلطية	voltage multiplier
مضفر	braided
معادلة (ابطال او تعويض)	neutralization, compensation
معادلة الاستجابة لدى الترددات العليا *	HF compensation
معادلة الاستجابة لدى الترددات المنخفضة *	LF compensation
معادلة التغذية الخلفية المتأصلة فى المكبر *	inherent feedback neutralization
مستثير	exciter
معامل	coefficient, factor, processing
معامل الانعكاس	reflection coefficient (ρ) ١
معامل التوهين	attenuation coefficient (β) ٢
معاملة (معالجة)	processing
معاوقة	impedence (Z)
المعاوقة المميزة	characteristic impedence
المعدنة (الألونة) *	metalizing
معزز	booster
معطيات فنية	technical data
مغنطيس	magnet
مغنطيسى	magnetic
مغير التردد	frequency converter (changer)
مفاعلة	reactance
مفتاح (كهربائى)	suitch
مفتاح شرائحى (برجى)	turret switch
مفرد التوليف	single -tuned
مقاس	size
مقاومة	resistor, resistance (R)

١ حرف يونانى يلفظ «رو»

٢ حرف يونانى يلفظ «بيتا»

photoresistor . . . . مقاومة ضوئية
ballast resistance . . . . مقاومة كبح (هبوط فلطية)
equivalent noise resistance . . . . المقاومة المكافئة للضوضاء *
clipper . . . . مقتضب (محدد)
comparator . . . . مقارن (الطور)
jack . . . . مقبس
handle . . . . مقبض (يد)
deflection yoke . . . . مقرن (ملفات) الانحراف
frequency divider . . . . مقسم التردد
voltage divider . . . . مقسم الفلطية
rectifier . . . . مقوم
equivalent . . . . مكافئ
amplifier . . . . مكبر
audio amplifier . . . . المكبر السمعي
video amplifier . . . . المكبر الصوري *
preamplifier . . . . المكبر المتقدم (الاولى) *
tuned amplifier . . . . مكبر مولف
band amplifier . . . . مكبر نطاقي
capacitor, condenser . . . . مكثف
trimmer . . . . مكثف
friction contacts . . . . ملامسات احتكاكية
slip contacts . . . . ملامسات انزلاقية
coil, winding . . . . ملف
color, colored . . . . ملون
characteristic, discriminator . . . . مميز
frequency discriminator . . . . مميز التردد *
corresponding . . . . مناظر
source, supply . . . . منبع
power supply . . . . منبع قدرة
channel selector, tuner . . . . منتخب (منتقى) القنوات *
characteristic (curve) . . . . منحنى مميز
amplitude-transfer characteristic . . . . منحنى تحويل الاتساع
transfer characteristic . . . . منحنى تحويلي
light- transfer characteristic . . . . المنحنى التحويلي الضوئي

منحنى مميز دينامى . . . . dynamic characteristic
منشط . . . . activator
منظم فلطية . . . . voltage regulator
منظومة (نظام) . . . . system
منظومة بصرية . . . . optical system
منظومة تلفزيونية . . . . television system
منظومة النقطة الطائرة * . . . . flying- spot system
منع . . . . blocking
موازنة . . . . balancing
مواصفات . . . . specifications
المواصلة . . . . conductance (G)
المواصلة التبادلية . . . . . . mutual conductance, transconductance, slope (S)
موجب . . . . positive
موجه . . . . director
موجة . . . . wave
الموجة الحاملة . . . . carrier (wave)
الموجات الدقيقة . . . . microwaves
الموجات الشديدة القصر . . . . ultrascort waves
موجه متنقلة . . . . travelling wave
موجه مستقرة . . . . stationary (standing) wave
مؤشر . . . . pointer
موصل . . . . conductor
موصلية . . . . conductivity
الموصلية الكهرضوئية * . . . . photo- conductivity
مهندس الصوت . . . . audiocontrol engineer
مهندس الصورة . . . . video engineer
مؤلف . . . . composite
المولف * (منتخب القنوات) . . . . tuner
المونوسكوب * . . . . monoscope
مويجات (منبع القدرة) . . . . ripple
ميجا (مليون) . . . . mega- (M)
ميجاهرتز . . . . megahertz (MHz)
ميكرو (10^{-6}) . . . . micro- (μ)[1]
ميكروفاراد . . . . microfarad (F)

---

[1] حرف يونانى يلفظ « ميو »

microphone . . . . ميكروفون
micron . . . . (10^{-6} متر) ميكرون
milli- (m) . . . . ($\frac{1}{1000}$) ميلى
milliampere (mA) . . . . ميلى امبير

—ن—

rejection . . . . نبذ
pulse, impulse . . . . نبضة
horizontal pulses . . . . (تتالى بتردد المسح الافقى) نبضات افقية
flyback (retrace) pulses . . . . نبضات الارتداد
blanking pulses . . . . * (الاظلام) نبضات الاطفاء
sync pulses . . . . * نبضات التزامن
serrated vertical sync pulse . . . . * نبضة التزامن الرأسى المشرشرة
equalizing pulses . . . . * نبضات التعادل
vertical pulses . . . . (تتالى بتردد المسح الرأسى) نبضات رأسية
driving pulses . . . . النبضات الحافزة
neper . . . . (وحدة توهين أوكسب) نبر
device . . . . نبيطة
signal - to- noise ratio . . . . نسبة الاشارة الى الضوضاء
aspect ratio . . . . *نسبة الشكل
half- wave . . . . نصف موجى
luminance (photometric brighness) (B) . . . . * النصوع
flip- flop, bistable multivibrator . . . . * النطاط
frequency band . . . . (ترددى) نطاق
pass - band . . . . (الامرار) نطاق التمرير
lower side band . . . . نطاق جانبى سفلى
upper side band . . . . نطاق جانبى علوى
narrow band . . . . نطاق ضيق
wide band . . . . نطاق عريض
supressed band . . . . نطاق مكبوت
system . . . . نظام (منظومة)
FCC (Federal communication commision) * النظام التلفزيونى الامريكى
system . . . . (نظام « الهيئة الاتحادية للاتصالات »)

النظام التلفزيوني الاوروبي الشرقي * (نظام «الهيئة الاستشارية الدولية للراديو») . . . . . . CCIR (International Consultative Committee of Radio) system

النظام التلفزيوني السوفييتي والاوروبي الشرقي* (نظام «المنظمة الدولية للراديو» والتلفزيون) . . . OIRT (International Organization of Radio and Television) system

نظام التلفزيون الملون الامريكي (NTSC) (نظام «الهيئة القومية للانظمة التلفزيونية») . . . . . . NTSC (National Television System Committee) system

نظام التلفزيون الملون الالماني الغربي(PAL) * (نظام «تناوب طورخط المسح») . . . . . PAL (Phase Alternation Line) system

نظام التلفزيون الملون الفرنسي السوفييتي (SECAM) * (نظام «تتابع الالوان والذاكرة») . . . . SECAM (Sequential Color and Memory) system

نظام قياسي . . . . standard system

نقال (نقالي) . . . . portable

النقبة (للون : تتحدد بالطول الموجي) . . . . hue

نقطة . . . . point, dot, spot

نقطة التشغيل . . . . operating point

نقطة التقاطع . . . . cross- over (point)

النقطة الطائرة . . . . flying spot

النقطة الماسحة . . . . scanning point

نقطة (حبيبة) متفسفرة . . . . phosphorescent dot

نمط (نموذج) الاختبار * . . . . test pattern

نهاية . . . . limit, end, terminal

نوعي . . . . specific

نير . . . . light

هالة . . . . halo

هرتز (دور في الثانية) . . . . hertz (cycle per second) (Hz)

هنري . . . . Henry

الهيكل الخطي . . . . raster

هوائي . . . . antenna, aerial

هوائي ثنائي القطب (ديبول) * . . . . dipole antenna

هوائي على شكل حاجز دوار * . . . . turnstile antenna

batwing antenna . . . . هوائى على شكل جناحى الخفاش
Yagi antenna . . . . هوائى ياجى

— و —

watt . . . . واط
unit . . . . وحدة
deflection unit . . . . وحدة الانحراف *
converter (unit) . . . . وحدة التحويل *
convergence unit . . . . وحدة التقارب *
monochrome . . . . وحيد اللون
centring . . . . وسطنة (مركزة)
middle, mean . . . . وسطى
intermeat . . . . وسيط
junction, joint . . . . وصلة
p-n junction . . . . وصلة p-n
jumper . . . . وصلة تخطى
function . . . . وظيفة
time (t) . . . . وقت
rise time . . . . وقت الصعود *
flash . . . . ومضة

— ى —

handle . . . . يد (مقبض)
manual . . . . يدوى

المحتويات

	ص.
مقدمة	٥
الفصل الاول . مبادىء هندسة الاضاءة وفيزيولوجيا الابصار	٧
البند ١ – ١ مبادىء هندسة الاضاءة	٧
البند ١–٢ العين والابصار	١٤
الفصل الثانى . المبادىء الاساسية للتلفزيون	١٨
البند ٢ – ١ خصائص ارسال الصور كهربائيا	١٨
البند ٢ – ٢ الطرائق الاولى للارسال التلفزيونى	٢٠
البند ٢ – ٣ التلفزة الالكترونية	٢٤
الفصل الثالث . الابتعاث الكهرضوئى والموصلية الكهرضوئية وتكبير التيارات الكهرضوئية	٣٥
البند ٣ – ١ الابتعاث الكهرضوئى	٣٥
البند ٣ – ٢ الموصلية الكهرضوئية	٣٩
البند ٣ – ٣ خصائص تكبير التيارات الكهرضوئية	٤١
البند ٣ – ٤ تكبير التيارات الكهرضوئية بواسطة مضاعف الالكترونات	٤٢
الفصل الرابع . اسس البصريات الالكترونية	٥٠
البند ٤ – ١ معلومات عامة	٥٠
البند ٤ – ٢ حركة الالكترون فى المجال الكهربائى	٥٠
البند ٤ – ٣ حركة الالكترون فى مجال مغنطيسى	٥١
البند ٤ – ٤ التركيز الالكتروستاتى	٥٣
البند ٤ – ٥ التركيز المغنطيسى	٥٦
البند ٤ – ٦ اوجه الاختلاف بين البصريات الالكترونية والضوئية	٥٩
البند ٤ – ٧ التشويهات التى تسببها العدسات الالكترونية	٦٠
البند ٤ – ٨ انحراف الشعاع الالكترونى	٦٢
الفصل الخامس . انابيب الصورة	٦٩
البند ٥ – ١ الحصول على الاشعة الالكترونية والتحكم فيها	٦٩
البند ٥ – ٢ جهد السطح المقذوف بحزمة الكترونات	٧٧
البند ٥ – ٣ الضيائية الكاثودية	٨١

البند ٥ — ٤ بارامترات الشاشات وخواصها المميزة ٨٣
البند ٥ — ٥ المنة الشاشة ٨٩
البند ٥ — ٦ خصائص تصميم انابيب الصورة ٩٠
البند ٥ — ٧ القيم والخواص المميزة لانابيب الصورة ٩٤
البند ٥ — ٨ دائرة توصيلات انبوب الصورة ٩٦
البند ٥ — ٩ قواعد صيانة اذابيب الصورة ٩٧

الفصل السادس . انابيب التصوير التلفزيونى ٩٩

البند ٦ — ١ معلومات عامة ٩٩
البند ٦ — ٢ الايكونوسكوب ١٠٠
البند ٦ — ٣ ايكونوسكوب الصورة ١٠٣
البند ٦ — ٤ اورثيكون الصورة ١٠٧
البند ٦ — ٥ الفيديكون ١١٤
البند ٦ — ٦ فكرة عن المنحنيات الضوئية التحويلية ١١٨
البند ٦ — ٧ المونوسكوب ١١٩

الفصل السابع . المسح التلفزيونى وطيف الاشارة التلفزيونية ١٢٠

البند ٧ — ١ المسح التقدمى ١٢٠
البند ٧ — ٢ الطيف الترددى لاشارة الصورة فى حالة المسح التقدمى ١٢٢
البند ٧ — ٣ بيان الصورة التلفزيونية ١٢٨
البند ٧ — ٤ اختيار بارامترات المسح التقدمى ١٣٠
البند ٧ — ٥ المسح بتردد اطارى منخفض ١٣٢
البند ٧ — ٦ تركيب الطيف الترددى للاشارة التلفزيونية ١٣٤
البند ٧ — ٧ المسح المتشابك ١٣٩
البند ٧ — ٨ البارامترات الاساسية للانظمة التلفزيونية العصرية ١٤٣
البند ٧ — ٩ اشكال خاصة للمسح ١٤٤

الفصل الثامن . الاشارة الصورية المؤلفة وتكوينها ١٤٧

البند ٨ — ١ معلومات عامة عن الاشارة الصورية المؤلفة ١٤٧
البند ٨ — ٢ تكوين اشارة الصورة ، وفكرة عن مستوياتها ١٤٨
البند ٨ — ٣ المركبة المستمرة لاشارة الصورة ١٥٠
البند ٨ — ٤ تركيب النبضات الافقية ١٥٣
البند ٨ — ٥ تركيب النبضات الرأسية فى حالة المسح التقدمى ١٥٥
البند ٨ — ٦ فصل نبضات التزامن فى جهاز الإستقبال التلفزيونى ١٥٦
البند ٨ — ٧ المرحلة الفاصلة لاشارة التزامن ١٥٩
البند ٨ — ٨ الشكل الموجى لاشارة التزامن المؤلفة ، فى حالة المسح المتشابك . ١٢٦

البند ٨ — ٩ مولدات التزامن للمسح التقلمى ١٦٧
البند ٨ — ١٠ مولدات التزامن للمسح المتشابك ١٧٠
البند ٨ — ١١ النطاط (المذبذب المتعدد الثنائى الاستقرار) ١٧٢

الفصل التاسع . تكبير الاشارات الصورية ١٧٦

البند ٩ — ١ خصوصيات تكبير الاشارات الصورية ١٧٦
البند ٩ — ٢ الخصائص الاساسية للمكبرات الصورية ١٧٦
البند ٩ — ٣ تشوهات الاشارة الصورية ١٧٨
البند ٩ — ٤ الاستجابة العابرة للمكبر الصورى ١٧٩
البند ٩ — ٥ تأثير تشوهات الشكل الموجى للاشارة الصورية على الصورة التلفزيونية . ١٨١
البند ٩ — ٦ المتطلبات الاساسية لتكبير الاشارة الصورية ١٨٣
البند ٩ — ٧ المكبر الصورى ذو الاستجابة غير المعادلة ١٨٤
البند ٩ — ٨ معادلة استجابة المكبر الصورى عند الترددات السفلى ١٨٨
البند ٩ — ٩ معادلة استجابة المكبر الصورى عند الترددات العليا ١٨٩
البند ٩ — ١٠ المكبر المقرن من الكاثود (التابع الكاثودى) ١٩٢
البند ٩ — ١١ المكبر الصورى المتعدد المراحل ١٩٤
البند ٩ — ١٢ المكبرات الصورية الترانزستورية ١٩٥
البند ٩ — ١٣ المكبرات الصورية المتقدمة ١٩٧
البند ٩ — ١٤ تصحيح التشوهات اللاخطية (تصحيح غاما المنحنى التحويلى) . . ١٩٩
البند ٩ — ١٥ تصحيح التشوه الناجم عن النقطة الماسحة (تصحيح « الفتحة ») . ٢٠٢

الفصل العاشر . مولدات المسح التلفزيونى ٢٠٥

البند ١٠ — ١ فكرة عامة عن مولدات المسح ٢٠٥
البند ١٠ — ٢ الشكل الموجى للفلطية المسلطة على ملفات الانحراف ٢٠٦
البند ١٠ — ٣ الرسم التخطيطى لمراحل مولد المسح التلفزيونى ٢٠٧
البند ١٠ — ٤ مذبذبات المسح ٢٠٨
البند ١٠ — ٥ دائرة تشكيل الفلطية الحافزة ٢١٢
البند ١٠ — ٦ مرحلة خرج مولد المسح الافقى ٢١٥
البند ١٠ — ٧ مرحلة خرج مولد المسح الرأسى ٢٢٣
البند ١٠ — ٨ المزامنة الدفعية لمولدات المسح ٢٢٥
البند ١٠ — ٩ مزامنة مولدات المسح الافقى بطريقة التحكم الاوتوماتى فى التردد . ٢٣٠
البند ١٠ — ١٠ التشوهات الهندسة للهيكل الخطى ٢٣٣
البند ١٠ — ١١ مولدات المسح لانابيب الصورة الزاوية ٢٣٧
البند ١٠ — ١٢ دوائر المسح الترانزستورية ٢٤١
البند ١٠ — ١٣ دائرة المسح الرأسى الترانزستورية ٢٤٣
البند ١٠ — ١٤ مرحلة الخرج الافقى الترانزستورية ٢٤٥

الفصل الحادى عشر . قنوات ارسال الاشارات التلفزيونية ٢٥١
البند ١١ – ١ الارسال اللاسلكي للاشارات التلفزيونية ٢٥١
البند ١١ – ٢ جهاز الارسال ٢٥٦
البند ١١ – ٣ قنوات الاذاعة التلفزيونية ٢٦٠
البند ١١ – ٤ خطوط الارحال اللاسلكى ٢٦٢
البند ١١ – ٥ الارحال اللاسلكى عن طريق الاقمار الاصطناعية ٢٦٣
البند ١١ – ٦ ارسال الاشارات التلفزيونية بالخطوط السلكية ٢٦٦
الفصل الثانى عشر . هوائيات التلفزيون ٢٦٨
البند ١٢ – ١ فكرة عامة عن هوائيات التلفزيون ٢٦٨
البند ١٢ – ٢ بارامترات الهوائيات ٢٦٨
البند ١٢ – ٣ خطوط التغذية ٢٧٠
البند ١٢ – ٤ هوائيات الموجات المترية ٢٧٤
البند ١٢ – ٥ هوائيات الموجات الدقيقة ٢٨٢
البند ١٢ – ٦ هوائيات الارسال التلفزيونى ٢٨٣
الفصل الثالث عشر . اجهزة الاستقبال التلفزيونى ٢٨٦
البند ١٣ – ١ وصف عام لاجهزة الاستقبال التلفزيونى ٢٨٦
البند ١٣ – ٢ قسم ترددات اللاسلكى ٢٩١
البند ١٣ – ٣ قناة الصورة ٣٠٤
البند ١٣ – ٤ قناة الصوت ٣٢٧
البند ١٣ – ٥ وسائل توليف وضبط اجهزة التلفزيون ٣٣٣
البند ١٣ – ٦ وحدة تغذية جهاز التلفزيون ٣٣٥
الفصل الرابع عشر . التلفزيون الملون ٣٤٠
البند ١٤ – ١ ابصار الالوان ٣٤٠
البند ١٤ – ٢ انابيب الصورة الثلاثية الالوان ٣٤٢
البند ١٤ – ٣ انظمة التلفزيون الملون ٣٤٤
البند ١٤ – ٤ الانظمة المتآلفة العصرية للتلفزيون الملون ٣٤٧
البند ١٤ – ٥ كاميرات التصوير التلفزيونى الملون المتعدد الانابيب ٣٥٠
البند ١٤ – ٦ كاميرا التصوير التلفزيونى الملون ذات النقطة الطائرة ٣٥١
البند ١٤ – ٧ مصفوفات الترامز ٣٥٢
البند ١٤ – ٨ الحد من عرض نطاق اشارة الاختلاف اللونى ٣٥٤
البند ١٤ – ٩ طريقة التعديل التعامدى ٣٥٥
البند ١٤ – ١٠ نظام التلفزيون الملون المتآلف HTSC ٣٦٢
البند ١٤ – ١١ نظام التلفزيون الملون المتآلف PAL ٣٦٥

البند ١٤ – ١٢ نظام التلفزيون الملون المتآلف SECAM ٣٦٧
البند ١٤ – ١٣ جهاز الاستقبال الملون لنظام SECAM ٣٧٦

الفصل الخامس عشر . تسجيل الصور التلفزيونية ٣٨٣

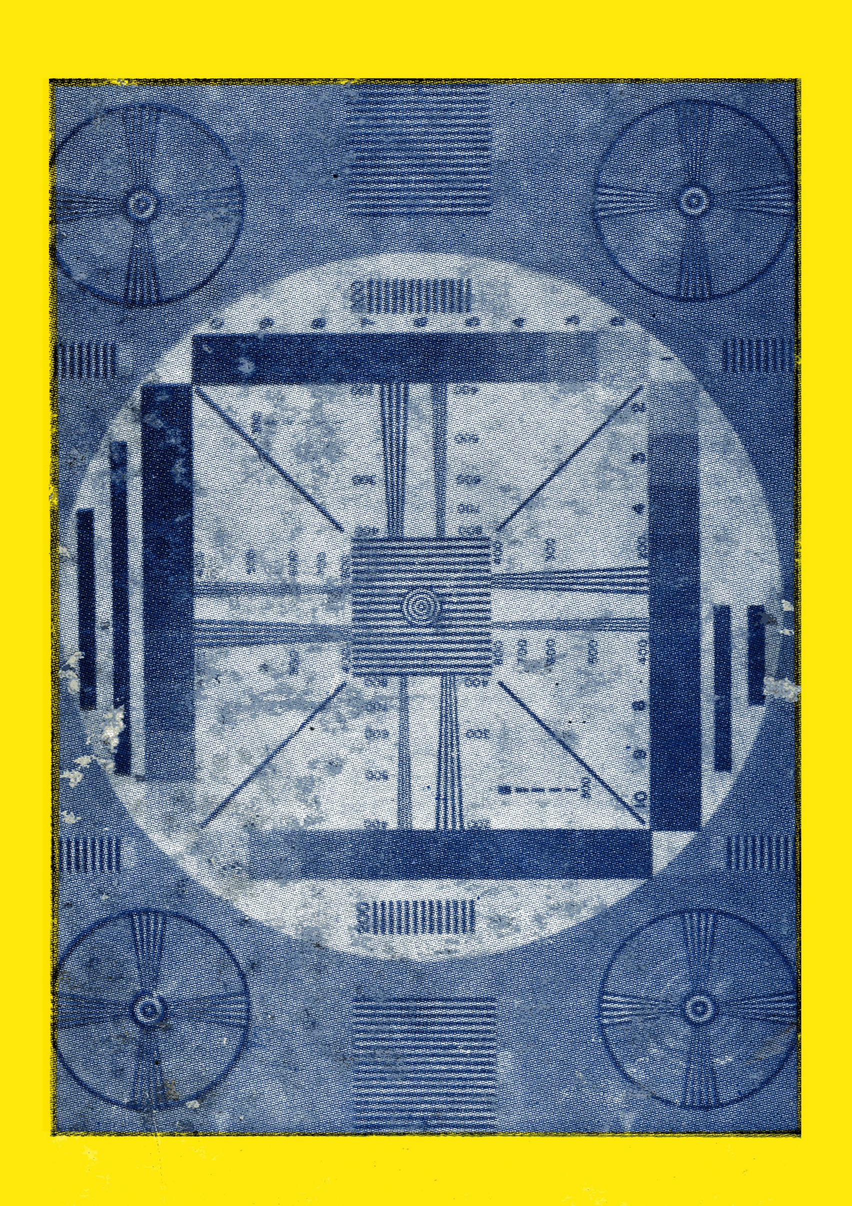
البند ١٥ – ١ معلومات عامة ٣٨٣
البند ١٥ – ٢ التسجيل السينمائي من شاشة انبوب الصورة (الكاينسكوب) . . . ٣٨٣
البند ١٥ – ٣ التسجيل المغنطيسي لاشارات الصورة ٣٨٤
البند ١٥ – ٤ اجهزة التسجيل الصوري المهنية العالية الجودة ٣٨٩
البند ١٥ – ٥ اجهزة التسجيل الصوري المبسطة ٣٩٠
البند ١٥ – ٦ اعادة الانتاج البطيء للتسجيلات الصورية ٣٩١

الفصل السادس عشر . تكنولوجيا الاذاعة التلفزيونية ٣٩٢

البند ١٦ – ١ محطات التلفزيون ٣٩٢
البند ١٦ – ٢ قسم الاستوديوهات واجهزتها ٣٩٣
البند ١٦ – ٣ التأثيرات الخاصة في الاذاعة التلفزيونية ٤٠٠
البند ١٦ – ٤ سيارة التلفزة الخارجية ٤٠٢
البند ١٦ – ٥ محطة الارسال اللاسلكي التلفزيونية ٤٠٤
البند ١٦ – ٦ محطات الارحال التلفزيونية منخفضة القدرة ٤٠٥
البند ١٦ – ٧ تحويل القياسيات التلفزيونية ٤٠٥
البند ١٦ – ٨ المنظومات المقفلة للاذاعة التلفزيونية ٤٠٥

الفصل السابع عشر . توليف وضبط الاجهزة التلفزيونية ٤٠٧

البند ١٧ – ١ فكرة عامة ٤٠٧
البند ١٧ – ٢ نمط الاختبار التلفزيوني ٤٠٧
البند ١٧ – ٣ اجهزة المونوسكوب ٤١١
البند ١٧ – ٤ المولدات الكهربائية لاشارات الاختبار ٤١٢
البند ١٧ – ٥ اجهزة قياس الاستجابة الترددية (مولدات الاكتساح) ٤١٤



المكتبة الحديثة . بيروت مكتبة النهضة . بغداد

السعر : ٢٥ ل.ل.